

**JÚLIA WAHRLICH**

**CARACTERIZAÇÃO DO ECOSISTEMA INDUSTRIAL DE BASE FLORESTAL  
DA REGIÃO DE LAGES/SC**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Flávio José Simioni  
Coorientadora: Débora Nayar Hoff

**LAGES  
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Wahrlich, Júlia

Caracterização do ecossistema industrial de base  
florestal da região de Lages/SC / Júlia Wahrlich. -  
Lages , 2018.

115 p.

Orientador: Flávio José Simioni

Co-orientadora: Débora Nayar Hoff

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais, Lages, 2018.

1. Gestão Ambiental. 2. Arranjos Industriais. 3.  
Simbiose Industrial. 4. Setor Florestal. I.  
Simioni, Flávio José. II. Nayar Hoff, Débora. ,  
.III. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Ambientais. IV. Título.

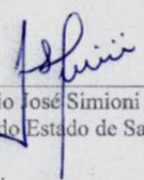
JÚLIA WAHRLICH

**CARACTERIZAÇÃO DO ECOSISTEMA INDUSTRIAL DE BASE FLORESTAL  
DA REGIÃO DE LAGES/SC**

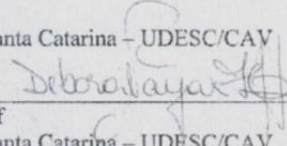
Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Banca examinadora:**


Orientador:

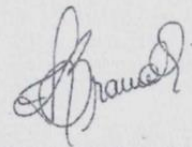
  
Prof. Dr. Flávio José Simioni  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Coorientadora:

  
Prof. Dra. Débora Nayar Hoff  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Membros:

  
Martha Andreia Brand  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

  
Luciana Londero Brandli  
Universidade de Passo Fundo - UPF

Lages, 19 de julho de 2018



À Deus e à minha amada família, de forma especial aos meus queridos pais, Magda Martins das Neves e Roberto Wahrlich, por todo carinho, confiança e amparo,

Dedico.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, por toda a força e coragem para sempre buscar evoluir.

Aos meus queridos pais, Magda Martins das Neves e Roberto Wahrlich, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em todas as minhas escolhas e valorizando cada pequena conquista que obtive ao longo destes anos. Obrigada pelos infinitos momentos de colo e por me darem tanta força para continuar lutando pelos meus objetivos, sempre com muito carinho e dedicação.

Agradeço aos meus avós Maria Minervina das Neves, Verônica Wahrlich e Germano Pradel Wahrlich por serem tão importantes para mim, e mesmo com a distância, obrigada por todos os momentos que conseguimos nos encontrar nos finais de semanas, isto sempre renova as minhas forças. Agradeço também a minha querida irmã Ana Maria Wahrlich, que tem um grande significado para mim. Obrigada pelas conversas, apoio, cuidado e incentivo. Mesmo com a distância sei que estamos sempre conectadas em pensamento.

Ao meu namorado Natan Liz De Nale Zambelli, pelo apoio, carinho, dedicação, companheirismo e pela capacidade de sempre me trazer paz. Obrigada por sempre me apoiar em minhas escolhas e estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Flávio José Simioni, que gentilmente nunca me negou auxílio e sempre teve muita paciência nas dificuldades. Obrigada pela troca de conhecimento, amizade e conversas. Sua dedicação, humildade, empenho e ética foram exemplares para mim. E a minha coorientadora Dra. Débora Nayar Hoff, que sempre prestou auxílio quando precisei. Obrigada a vocês professores, pelos incentivos e confiança depositados em mim.

Às professoras Dra. Martha Andreia Brand e Dra. Luciana Londero Brandli por aceitarem o convite para participar da banca avaliadora.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Gestão e Economia Ambiental (LabGEA): Roni Severis, Gustavo Jarenkow, Tamires Deboni, Débora Bianchini, Tamires Nedel e Sandy Giroto, por toda a ajuda, descontração e conversas. Agradeço também a minha amiga Flávia Arcari, pelo companheirismo nestes dois anos de mestrado; tenho certeza que estes anos foram ainda melhores por ter ela ao meu lado, sempre me motivando e apoiando em minha pesquisa, além das infinitas horas de conversas em todos os momentos. À minha amiga Suelen Farchi, pelo apoio, carinho e cumplicidade, agradeço pela nossa amizade e que mesmo nestes anos morando em outra cidade a amizade continua a mesma.

Agradeço à Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e a todos os colegas e professores do mestrado. Agradeço ainda ao Programa de Monitoria na Pós-Graduação (PROMOP) pela concessão da bolsa de estudos.

E um agradecimento também a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com essa trajetória.



"Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho." (Dalai Lama)



## RESUMO

O crescimento industrial acelerado, sem a preservação dos ecossistemas e recursos naturais, acarreta em danos ao meio ambiente. Porém, abordagens pautadas na sustentabilidade, a exemplo da Ecologia Industrial, consideram um quadro de maior conservação ambiental no âmbito das empresas. A partir de então, surgem arranjos industriais envolvendo a gestão ambiental nas empresas que adotam as trocas de subprodutos, resíduos e informações entre unidades do sistema (Simbiose Industrial) e que corresponde a um conjunto de relações em uma determinada área, originando um Ecossistema Industrial. O setor de base florestal gera impactos positivos e negativos para a sustentabilidade, e economias que consideram este setor em sua cadeia produtiva devem observar suas relações com o meio ambiente. A região de Lages tem como principal atividade econômica o agronegócio florestal. Ao longo dos anos, as relações de Simbiose Industrial na região foram ampliadas girando em torno dos resíduos do processamento da madeira, o que fortaleceu a teia de cooperações entre empresas de diferentes segmentos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar as relações de simbiose industrial entre as empresas da indústria de base florestal da região de Lages/SC, com o intuito de identificar seus benefícios e sua contribuição para a formação de um ecossistema industrial. Para isto, foi aplicado um questionário e realizadas visitas em 24 empresas do setor na região. Os resultados mostraram que as empresas estão realizando trocas e participando de uma rede de sinergias, principalmente envolvendo os resíduos da transformação da madeira: cavaco, casca, serragem, maravalha. Na maioria dos casos, estas trocas ocorrem entre empresas próximas, constituindo um Ecossistema Industrial extenso, ou seja, com relações cooperativas que se estendem a níveis local e regional. Este se enquadra no estágio 2 evoluindo para o 3, e no tipo III com tendências observadas que se enquadram no tipo IV. Decorrente deste complexo industrial, foi observado como principais benefícios ambientais a conservação e segurança dos recursos; como benefícios econômicos foram observadas as novas oportunidades de negócios; e como benefícios sociais constatou-se o aumento da cooperação nas trocas de informações e aumento da produtividade. Sugere-se que novos estudos nesta área sejam realizados, com a análise da evolução da simbiose industrial do setor e o estudo do diagnóstico dos fluxos de matéria e energia, constituindo uma economia circular.

**Palavras-chave:** Gestão Ambiental. Arranjos Industriais. Simbiose Industrial. Setor Florestal.



## ABSTRACT

Accelerated industrial growth, without the preservation of ecosystems and natural resources, causes damage to the environment. However, approaches based on sustainability, such as Industrial Ecology, consider a larger frame of environmental conservation within companies. Since then, there are industrial arrangements involving environmental management in companies that embrace the exchange of by-products, waste and information between units of the system (Industrial Symbiosis), and that it corresponds to a set of relationships in a given area, originating an Industrial Ecosystem. The forest-based sector generates positive and negative impacts on sustainability, and economies that consider this sector in their production chain must observe their relations with the environment. The region of Lages has as main economic activity the agribusiness forestry. Over the years, the relationships of Industrial Symbiosis in the region have been expanded turning around the residues of wood processing, which has strengthened the web of cooperation between companies of different segments. In this context, the objective of this study was to analyze the industrial symbiosis relations among forest industry companies in the region of Lages/SC, in order to identify its benefits and its contribution to the formation of an industrial ecosystem. For this, a questionnaire was applied and visits were carried out at 24 companies of the sector in the region. The results showed that companies are exchanging and participating in a network of synergies, mainly involving the following wastes: chip, bark, sawdust, shavings. In most cases, these exchanges occur between nearby companies, constituting an extensive Industrial Ecosystem, with cooperative relations that extend to local and regional levels. This complex was considered in stage 2 evolving to 3, and type III with observed trends that was considered type IV. As a result of this industrial complex, conservation and security of resources were observed as main environmental benefits; as economic benefits were observed the new business opportunities; and as social benefits, increased cooperation in the exchange of information and increased productivity. It is suggested that new studies in this area can be carried out, with the analysis of the evolution of the industrial symbiosis of the sector and the study of the diagnostic of the flows of material and energy, constituting a circular economy.

**Keywords:** Environmental Management. Industrial Arrangements. Industrial Symbiosis. Forestry Sector.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de trocas de materiais, energia e informação entre indústrias. ....	34
Figura 2 - Modelo esquemático de um ESI. ....	38
Figura 3 - Esquema do ESI de Kalundborg. ....	41
Figura 4 - Esquema do ESI de Guayama, Porto Rico. ....	42
Figura 5 - Esquema do ESI de Guitang Group, China. ....	44
Figura 6 - Esquema do ESI de Kwinana, Austrália. ....	45
Figura 7 - Diagrama do complexo agroindustrial da madeira. ....	47
Figura 8 - Representação das etapas da pesquisa. ....	52
Figura 9 - Localização geográfica dos municípios que compõem o estudo. ....	53
Figura 10 - Concentração florestal dos principais municípios de Santa Catarina com floresta plantada de Pinus e Eucalyptus. ....	54
Figura 11 - Esquemática do modelo conceitual. ....	57
Figura 12 - Localização geográfica das empresas visitadas. ....	65
Figura 13 - Tempo de atuação no mercado. ....	67
Figura 14 - Resíduo “cavaco”. ....	69
Figura 15 - Resíduo “casca”. ....	69
Figura 16 - "Casca suja" proveniente de serrarias. ....	70
Figura 17 - Resíduo “serragem”. ....	71
Figura 18 - Resíduo "pó". ....	72
Figura 19 - Resíduo "maravalha". ....	72
Figura 20 - Origem das ideias de inovações de produtos e processos para melhor reutilizar os resíduos. ....	73
Figura 21 - Práticas de produção sustentável que a empresa utiliza. ....	74
Figura 22 - Fatores de incentivo para a cooperação/troca de resíduos e subprodutos. ....	75
Figura 23 - Fatores que limitam a existência de uma maior cooperação/troca de resíduos e subprodutos. ....	76
Figura 24 - Localização das empresas que podem reaproveitar os resíduos. ....	78
Figura 25 - Disponibilidade de mão de obra qualificada. ....	79
Figura 26 - ESI da região de Lages. ....	86
Figura 27 - Benefícios ambientais observados nas empresas decorrentes da SI. ....	89
Figura 28 - Benefícios sociais observados nas empresas decorrentes da SI. ....	90
Figura 29 - Benefícios econômicos observados nas empresas decorrentes da SI. ....	91
Figura 30 - Benefícios ambientais, sociais e econômicos decorrentes da SI. ....	92
Figura 31 - Relação entre as variáveis respostas e explicativas e os grupos “Baixa Simbiose Industrial” (BSI) e “Alta Simbiose Industrial” (ASI). ....	93





## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias de análise, os aspectos analisados e os números das questões do questionário referentes a cada categoria. ....	58
Quadro 2 - Critérios utilizados nas variáveis GRC e GRS.....	60
Quadro 3 - Especificação dos graus de importância para a matriz AHP.....	61
Quadro 4 - Matriz AHP para análise da importância dos critérios.....	61
Quadro 5 - Resultado da matriz AHP.....	81
Quadro 6 - Inovações ambientais realizadas nas empresas visitadas. ....	89



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos municípios da área de estudo. ....	53
Tabela 2 - Conversão das unidades dos resíduos analisados. ....	59
Tabela 3 - Número de empresas conforme ramo principal de atividade. ....	66
Tabela 4 - Número de respostas dos ramos de atividades das empresas entrevistadas. ....	66
Tabela 5 - Dados das empresas entrevistadas conforme o porte. ....	67
Tabela 6 - Quantidades e destinações dos resíduos gerados nas empresas entrevistadas da região de Lages. ....	68
Tabela 7 - Grau de importância de determinados assuntos na comunicação entre empresas da região. ....	78
Tabela 8 - Resultado da avaliação da matriz AHP. ....	82
Tabela 9 - Resultado da avaliação de cada critério. ....	82
Tabela 10 - Valores do cálculo do GRC. ....	83
Tabela 11 - Valores do cálculo do GRS. ....	83
Tabela 12 - Resultados do QRC e QRS. ....	84



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
AHP	Método de Análise Hierárquica
DCA	Detrended Correspondence Analysis
EI	Ecologia Industrial
ESI	Ecosistema Industrial
GRC	Grau de Resíduo Circulante
GRS	Grau de Resíduo de Saída
ISI	Indicador de Simbiose Industrial
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
QIC	Quantidade de Impacto Circulante
QIS	Quantidade de Impacto de Saída
QRC	Quantidade de Resíduo Circulante
QRS	Quantidade de Resíduo de Saída
RC	Razão de Consistência
SI	Simbiose Industrial
UCLA	Unidade de Cogeração Lages



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
1.1	OBJETIVOS.....	28
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>28</b>
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	29
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>31</b>
2.1	ECOLOGIA INDUSTRIAL - EI .....	31
2.2	SIMBIOSE INDUSTRIAL - SI .....	32
2.3	ECOSSISTEMA INDUSTRIAL - ESI .....	37
<b>2.3.1</b>	<b>Descrição de ecossistemas industriais no mundo.....</b>	<b>40</b>
2.3.1.1	<i>Kalundborg, Dinamarca .....</i>	<i>40</i>
2.3.1.2	<i>Guayama, Porto Rico.....</i>	<i>42</i>
2.3.1.3	<i>Guitang Group, China.....</i>	<i>43</i>
2.3.1.4	<i>Kwinana, Austrália.....</i>	<i>44</i>
2.4	INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL .....	46
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
3.1	FASES GERAIS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	51
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	52
3.3	PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS .....	55
<b>3.3.1</b>	<b>Coleta de informação primária .....</b>	<b>55</b>
3.4	VARIÁVEIS DE ANÁLISE .....	57
3.5	CÁLCULO DO INDICADOR DE SIMBIOSE INDUSTRIAL.....	59
3.6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS .....	62
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>65</b>
4.1	DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS .....	65
<b>4.1.1</b>	<b>Caracterização dos resíduos gerados na região de Lages.....</b>	<b>67</b>
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL .....	73
4.3	INDICADOR DE SIMBIOSE INDUSTRIAL.....	81
4.4	CONSTITUIÇÃO DO ECOSSISTEMA INDUSTRIAL DA REGIÃO DE LAGES/SC .....	85
4.5	BENEFÍCIOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS.....	88
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE A – Questionário aplicado nas empresas na região de Lages/SC.</b>	<b>109</b>





## 1 INTRODUÇÃO

A industrialização se configura em um aspecto importante para que ocorra o crescimento econômico. Porém, muitas vezes ocorre sem a preservação dos ecossistemas e dos recursos naturais. A conscientização ambiental está cada dia mais presente na sociedade, levando a um aumento do interesse em alcançar o desenvolvimento sustentável nos diferentes segmentos das atividades humanas (OBERLAENDER, 2016).

Pesquisadores de diversas formações postulam soluções para uma análise otimista do crescimento industrial, pautado na sustentabilidade, a exemplo da Ecologia Industrial (CHERTOW, 2000; ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005; FROSCHE; GALLOPOULOS, 1989; JELINSKI et al., 1992; LIFSET; GRAEDEL, 2002), considerando então um quadro de maior conservação ambiental e da reversão da degradação já causada.

Neste contexto, criam-se arranjos industriais induzidos pelos princípios da Ecologia Industrial, como a Simbiose Industrial, que envolve a troca de subprodutos e resíduos entre unidades do sistema considerando as necessidades das indústrias, com o objetivo de alcançar vantagens competitivas e ambientais (GUO; MAO; WANG, 2010; FRAGA, 2017). Dentro desta lógica, o arranjo conhecido é o Ecossistema Industrial, que corresponde a um conjunto de inter-relações simbióticas entre grupos ou firmas em uma área e sua evolução origina um complexo industrial (EHRENFELD; GERTLER, 1997).

Setores como o de base florestal geram impactos tanto positivos como negativos para a sustentabilidade, e economias que consideram este setor em sua cadeia produtiva devem sempre observar suas relações com o meio ambiente (HOFF et al., 2008). No Brasil, o setor é responsável por uma participação de 1,1% de toda a riqueza gerada no país e 6,2% do PIB industrial (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017). Além disso, este setor foi responsável pela geração de R\$ 11,4 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais em 2016, o que corresponde a 0,9% de toda a arrecadação do país (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017). Por outro lado, são gerados anualmente cerca de 41 milhões de toneladas de resíduos madeireiros provindos da indústria de processamento de madeira e da colheita florestal (PAIXÃO; FERREIRA; STACHIW, 2014).

Neste aspecto, a região de Lages, no estado de Santa Catarina, tem no agronegócio florestal a sua principal atividade econômica para o desenvolvimento local, e essa aglomeração industrial tem sido chamada por alguns autores de *cluster* da madeira (HOFF; SIMIONI; BRAND, 2006; HOFF; SIMIONI, 2005), ou seja, um aglomerado de empresas de pequeno e médio porte de um mesmo setor produtivo. Esse conjunto de empresas envolve atividades

econômicas de várias cadeias produtivas<sup>1</sup>, dentre as quais se podem destacar a de transformação mecânica da madeira (fábrica de painéis, madeira serrada e artefatos), de celulose e papel (SANTIAGO; REZENDE, 2014) e a de energia de biomassa (SIMIONI; HOEFLICH, 2010).

A formação deste setor no estado começou entre as décadas de 1940 a 1960, considerado o primeiro ciclo da madeira (BRAND; NEVES, 2005), com o auge da extração da *Araucária angustifolia* (HOFF; SIMIONI, 2005), espécie nativa com ótimas características tanto para a produção de celulose e papel como para a indústria de transformação mecânica. A escassez das reservas naturais e a proibição de extração da araucária desencadeou um processo de desarticulação da indústria de base florestal, com muitas empresas buscando outras regiões com abundância de madeira, como no norte do país. Em função da não substituição imediata da fonte de matéria prima principal da serra catarinense, as décadas de 1970 e 1980 foram marcadas por um período de crise econômica grave na região (HOFF; SIMIONI, 2005).

A indústria de papel e celulose foi o grande responsável pelo surgimento do cultivo de florestas, com a primeira fábrica instalada em 1950, na cidade de Otacílio Costa/SC. Em 1966 outra empresa deste segmento instalou-se em Correia Pinto/SC, iniciando suas atividades produtivas em 1968. A fim de aproveitar a disponibilidade de terras na região e os incentivos fiscais proporcionados pelo governo federal, estas empresas começaram a adquirir terras para o plantio de florestas, e estabelecer contratos com produtores da região para a ampliação de novas florestas, que seriam a principal matéria-prima da região a partir da década de 1980 (HOFF; SIMIONI, 2005).

O mercado de madeira da região teve seu reaquecimento provocado pela entrada de plantios florestais principalmente com a espécie do gênero *Pinus*, ficando mais evidente na segunda metade da década de 1990 e provocando a ampliação, reabertura, e o surgimento de novas empresas do setor madeireiro na região, sendo este período conhecido como o segundo ciclo da madeira (BRAND; NEVES, 2005; HOFF; SIMIONI, 2005). Este fator ocasionou o aumento da geração de resíduos, que, até o final dos anos 1990, tinha pouca ou nenhuma utilização na indústria onde eram gerados, desencadeando a poluição ambiental, principalmente da água e do ar devido à queima a céu aberto ou à autocombustão pela estocagem inadequada (BRAND et al., 2004; BRAND; NEVES, 2005; SIMIONI; HOEFLICH, 2010).

No ano de 2001, ocorreu o chamado “apagão” florestal e energético no Brasil, e nessa mesma época o setor de base florestal da região de Lages começava a sentir com maior

---

<sup>1</sup> Cadeia produtiva ou *filiière* refere-se à uma sucessão de transformações de bens, sendo um conjunto de relações comerciais e financeiras que estabelecem entre todos os estados de transformação um fluxo de troca entre fornecedores e clientes (SIMIONI; HOEFLICH, 2007; MORVAN, 1988).

intensidade o problema da falta de madeira para a indústria, decorrente de um período em que as áreas de plantios florestais foram reduzidas por conta do término dos incentivos fiscais (BRAND; NEVES, 2005; HOFF et al. 2008). Essa crise afetou a região podendo observar falta de energia elétrica, limitação do uso da madeira proveniente de florestas comerciais como combustível, baixo rendimento produtivo, resíduos usados apenas para a secagem da madeira e grandes volumes de resíduos oriundos dos processos produtivos (BRAND; NEVES, 2005).

Diante disso, a partir da demanda de entidades representantes do setor na região, um grupo de pesquisa iniciou estudos para avaliar a possibilidade de instalação de uma empresa cogeneradora de energia, de forma consorciada ou cooperada no setor de base florestal, utilizando a biomassa como combustível (CORONEL et al., 2007; HOFF et al. 2008). Como resultado, Brand et al. (2001) concluíram que a região tinha todas as condições favoráveis para esta implantação, com uma quantidade suficiente e qualidade necessária para a cogeração proposta.

Assim, a Unidade de Cogeração Lages (UCLA) se instalou na região em 2004, absorvendo resíduos gerados das empresas parceiras em troca de vapor e adquirindo resíduos no mercado regional para a produção de energia elétrica (SIMIONI, 2007). Somado a isso, outras empresas da região aumentaram o consumo de biomassa florestal em suas plantas para geração de energia, e os resíduos gerados já não eram mais vistos como lixo e sim como matéria-prima, ampliando as relações comerciais entre as empresas (SIMIONI; HOEFLICH, 2010) e trazendo benefícios para as mesmas, como mais uma fonte de receita e destinação adequada aos seus resíduos (HOFF et al. 2008).

Com esta perspectiva, as relações de simbiose industrial na região foram ampliadas girando em torno dos resíduos do processamento da madeira, o que fortaleceu a teia de cooperações entre empresas de diferentes segmentos. Hoff et al. (2008) estudaram a emergência de um ecossistema industrial na região ampliando a cooperação entre as empresas, visto que essa concentração geográfica leva à obtenção de vantagens competitivas pela geração de benefícios econômicos (tais como economias de proximidade e sinergia) e pode também refletir na redução de impactos ambientais. Os autores avaliaram este ecossistema industrial como um tipo simplificado, visto que a cooperação de troca de resíduos ocorreu entre organizações geograficamente próximas. Porém, os autores também vislumbraram perspectivas de ampliação do sistema que indicaram que, a longo prazo, possa assumir um “ecossistema industrial extenso”, ou seja, podendo estabelecer relações cooperativas em níveis local, regional e nacional.

Diante deste contexto, considerando o setor de base florestal que existe na região de Lages/SC, esta dissertação busca responder a seguinte questão principal: como as organizações

estabelecem relações de simbiose industrial, de modo a obter benefícios e uma contribuição para a formação do ecossistema industrial?

A partir destes questionamentos, trabalhou-se com três hipóteses. A primeira foi que as organizações que participam do complexo industrial de base florestal da região de Lages/SC estabelecem relações de simbiose industrial, sobretudo com trocas de subprodutos e biomassa florestal. A segunda se relaciona à rede de trocas de subprodutos, que caracteriza a formação de um ecossistema industrial. A terceira se relaciona a um cálculo de um indicador que representa o nível de simbiose industrial do conjunto de empresas que atuam no complexo industrial da região. E por fim, a quarta hipótese considera que a formação do ecossistema industrial gera benefícios econômicos, ambientais e sociais, principalmente pela melhor utilização dos recursos florestais e redução dos impactos decorrente da disposição inadequada dos resíduos.

O desenvolvimento desta pesquisa será útil para as empresas de base florestal incluídas na região, tendo conhecimento de todos os subprodutos e resíduos relacionados ao processamento da madeira, podendo fechar ainda mais a rede de cooperações. Com este conhecimento, as empresas também poderão encontrar soluções para seus subprodutos que ainda não são utilizados, ou até mesmo utilizar os subprodutos de outras empresas no seu processo produtivo. Em escala menor, pode nortear também o próprio setor a buscar a sustentabilidade, melhorando assim a região ao qual se insere.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar as relações de simbiose industrial entre as empresas da indústria de base florestal da região de Lages/SC, com o intuito de identificar seus benefícios e sua contribuição para a formação de um ecossistema industrial.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- a) realizar um diagnóstico do perfil das empresas que compõem o complexo industrial de base florestal da região de Lages;

- b) analisar como as organizações interagem formando sinergias, caracterizando uma relação de cooperação e trocas e sua evolução para uma rede de simbiose industrial;
- c) calcular o nível de simbiose industrial na indústria de base florestal da região utilizando o Indicador de Simbiose Industrial;
- d) caracterizar a constituição de um ecossistema industrial em decorrência da formação de uma rede de simbiose industrial;
- e) avaliar os benefícios ambientais, econômicos e sociais decorrentes da simbiose industrial e da conseqüente formação de um ecossistema industrial.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da presente dissertação está subdividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução da dissertação, com a contextualização do tema, problemática, justificativa e os objetivos (geral e específicos). O capítulo 2 busca apreender na literatura os temas centrais que inspiraram este estudo, além de trazer um breve panorama mundial e nacional de alguns ecossistemas industriais e uma breve caracterização da indústria de base florestal, com foco nos resíduos. O capítulo 3 contém os materiais e métodos que foram adotados para o desenvolvimento da pesquisa. No capítulo 4 são apresentados os resultados e discussão, que caracterizam a simbiose e o ecossistema industrial na região, à luz do que foi proposto no modelo conceitual e o que se obteve da coleta de dados. E por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas com a realização da pesquisa.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão discutidas as abordagens que consideram a sustentabilidade no âmbito empresarial, de forma a explicar as mudanças nos processos produtivos, com integração, inovação e políticas industriais. Assim, será realizada uma breve revisão sobre Ecologia Industrial, seguido de um levantamento bibliográfico mais detalhado dos assuntos que embasaram este trabalho: Simbiose e Ecosistema Industrial.

### 2.1 ECOLOGIA INDUSTRIAL - EI

O conceito primário da Ecologia Industrial (EI) é entendido como o estudo dos fluxos de energia e matéria e sua transformação em produtos, bioprodutos e resíduos através do sistema industrial, onde o seu desafio é reduzir a carga ambiental global dos sistemas industriais que proporcionam serviços à sociedade (GARNER; KEOLEIAN, 1995).

Assim, o principal objetivo da EI é reorganizar o sistema industrial, incluindo inclui todas as peculiaridades da atividade humana, para fazê-lo evoluir rumo a um tipo de funcionamento que seja compatível com a biosfera e sustentável no longo prazo (ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005). Giannetti e Almeida (2006) também destacam, como objetivo da EI, a relação entre empresas, entre seus produtos e processos em escala local, regional e global.

A base da EI então é o metabolismo industrial, sendo uma abordagem analítica (ou seja, uma aplicação de princípio de equilíbrio de materiais) que busca compreender a circulação e os estoques de materiais e os fluxos de energia que se relacionam com a atividade humana, partindo da extração de materiais e atingindo a sua reintegração aos ciclos bioenergéticos (ERKMAN; FRANCIS; RAMASWAMY, 2005).

Chertow (2000) e Baas e Boons (2004) discutem a existência de três níveis de atuação para a EI: organizacional, interorganizacional e regional/global. O primeiro nível está relacionado às práticas desenvolvidas no interior da organização, e correspondem a ações como produção mais limpa, prevenção da poluição, contabilidade verde e ecodesign. O segundo nível está vinculado às interações entre organizações, como a simbiose industrial, ecossistemas industriais, e avaliação do ciclo de vida dos produtos. Já o último nível abrange uma escala global onde apresentam estudos sobre os fluxos de materiais e energia, ciclos e orçamentos.

Em um estudo realizado por Despeisse et al. (2012) sobre a EI ao nível organizacional, os autores salientam que as etapas de níveis regionais ou globais podem ignorar as

possibilidades para melhorar as entidades de forma individual a partir de dentro, uma vez que o foco principal está voltado para as oportunidades de trocas de recursos com as demais empresas.

Além dos três níveis de atuação, Giannetti e Almeida (2006) enfatizam que a evolução dos sistemas industriais, partindo de sua organização linear, em que reservas são consumidas e resíduos são dissipados para um sistema fechado, é o ponto central da EI. Tal evolução foi categorizada em três tipos (JELINSKI et al., 1992):

- a) tipo I: no começo do processo produtivo da humanidade, a quantidade e o potencial do uso de recursos naturais era tão grande comparado com a população do planeta que os impactos gerados eram considerados insignificantes. Portanto, organiza-se de forma linear, onde materiais e energia entram de um lado do sistema e no final do processo deixam o sistema sob a forma de produtos, subprodutos e resíduos;
- b) tipo II: inicia-se o pensamento de que os recursos naturais são finitos e a questão ambiental começa a se tornar cada vez mais importante. Parte dos resíduos é reciclada ou reutilizada dentro do próprio sistema e parte ainda é deixada na forma de resíduo;
- c) tipo III: representa um equilíbrio dinâmico dos sistemas ecológicos, em que a energia e resíduos são constantemente reciclados e reutilizados nos processos do sistema. Tal etapa pode ser considerada o ponto mais alto para se atingir a sustentabilidade.

Graedel (1994) ressalta que a EI busca aprimorar a utilização de matéria e energia na indústria rumo ao tipo II ou III por meio da interação dos fluxos dos agentes envolvidos, num processo de Simbiose Industrial (SI), que corresponde ao tema central da EI (PACHECO, 2013).

## 2.2 SIMBIOSE INDUSTRIAL - SI

Na biologia, simbiose é o termo utilizado para descrever relações mutuamente vantajosas entre dois organismos, onde a soma dos esforços conjuntos dos seres supera a soma dos esforços individuais (MOTTA; CARIJÓ, 2013). De acordo com os mesmos autores, a SI, análoga ao ecossistema natural, busca então integrar duas ou mais indústrias, de forma que a circulação de materiais, informações e serviços entre elas, torna a relação benéfica para ambas. Trevisan et al. (2016) definem SI como uma maneira a representar um complexo de interações



que torne possível desenvolver e compartilhar conhecimentos, gerando transações mutuamente rentáveis e processos de negócios mais eficientes. Para Pacheco (2013), é a partir da SI que é possível operacionalizar o fechamento do ciclo, reaproveitando os fluxos gerados no metabolismo da indústria, em uma relação de mutualismo.

Chertow (2000) e Marquez Júnior (2014) ressaltam que a SI consiste em trocas baseadas localmente entre diferentes entidades. Ao trabalhar em conjunto, as empresas se esforçam para obter um benefício coletivo maior que a soma dos benefícios individuais passíveis de serem alcançados quando agem sozinhas. Este tipo de colaboração pode avançar para relações sociais entre os participantes, podendo também se estender para as redondezas (impactos sobre a região de inserção do arranjo).

O exemplo clássico da prática da SI ficou conhecido por meio do parque industrial em Kalundborg, na Dinamarca, onde o termo "Simbiose Industrial" foi usado em 1989, pela primeira vez, para descrever a colaboração entre empresas (MOTTA; CARIJÓ, 2013). As empresas que compõem o parque são altamente integradas e utilizam os resíduos uma das outras como fonte de energia e de matéria prima para outras. Esse processo simbiótico não resultou de um planejamento, mas de um gradual desenvolvimento de cooperação entre as empresas da região, levando em consideração a demanda da sociedade (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

A SI está baseada em três pilares: informação geográfica, informação organizacional e informação sobre processos (PEREIRA; LIMA; RUTKOWSKI, 2007). Ainda segundo o autor, é do diálogo entre elas que se assenta a interconectividade das atividades industriais em nível local e permite o planejamento de sistemas industriais mais eficientes, com ciclagem contínua de materiais.

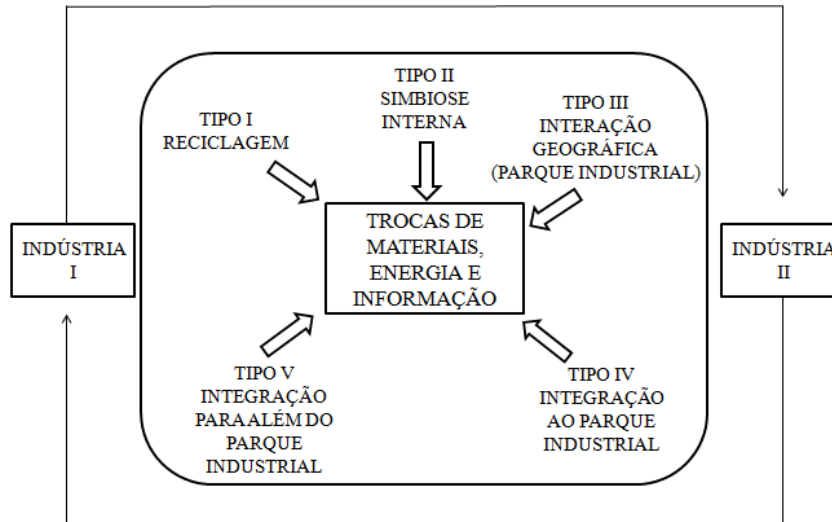
Esses três pilares oferecem suporte tanto ao intercâmbio de subprodutos como a construção de uma rede de interconectividade produtiva local. O intercâmbio ocorre em um grupo de empresas de um mesmo parque industrial, vizinhas ou de uma mesma região, que buscam a utilização de subprodutos (energia, água e materiais) umas das outras, agregando valor ao que até então seriam resíduos. Porém Lombardi e Laybourn (2012) afirmam que devido ao atual potencial tecnológico, a questão geográfica não deve ser considerada como um empecilho para a operacionalização da SI, apesar de tal fator estar associado diretamente ao conceito.

A SI possibilita diversas oportunidades de ganhos no âmbito dos negócios ou regularidade na disponibilidade de alguns recursos, sendo que Chertow (2008) elenca três principais: utilização de subprodutos em substituição ao uso de matéria prima adquirida fora da relação de mercado; compartilhamento de estruturas físicas, visto que a infraestrutura já

existente pode servir a todos os envolvidos na rede; e prestação conjunta de serviços, em termos de satisfação da necessidade em comum a todos os envolvidos.

As definições para a SI, bem como as relações entre empresas podem ser esquematizadas em cinco tipos, como demonstra a Figura 1.

Figura 1 - Tipos de trocas de materiais, energia e informação entre indústrias.



Fonte: Elaborado a partir de Chertow (2000).

Na Figura 1 é possível observar cinco tipos de trocas, que segundo Chertow (2000,) se configuram em:

- a) tipo I: trocas de resíduos, através da reciclagem, doação ou venda de materiais recuperados para outras corporações, sendo caracterizada como sentido único, ou seja, da empresa produtora de resíduo para aquela que o utiliza como recurso;
- b) tipo II: é caracterizado como tendo origem na própria empresa, onde ganhos significativos podem ser obtidos dentro de uma organização ao considerar-se o ciclo de vida completo dos produtos, processos e serviços, incluindo atividades de pré-operação como as aquisições e o design de produtos;
- c) tipo III: as empresas estão situadas em um mesmo local ou parque industrial, permitindo que haja a troca de energia, água e materiais, fazendo com que o fluxo de materiais se torne cada vez mais cíclico e com menos perdas;
- d) tipo IV: refere-se àquelas empresas que já estão situadas em parques onde está difundida e em pleno funcionamento as sinergias entre outras empresas, fazendo com que as empresas de fora do sistema possam se interligar ao ciclo de materiais desde

que a mesma possa ter algum produto ou resíduo que mantenha ou aprimore o sistema simbiótico;

- e) tipo V: transpassa a barreira geográfica, onde empresas passam a integrar os sistemas fechados através de trocas de informações para aprimorar cada vez mais a simbiose entre as organizações.

Assim como discute Chertow (2000), os tipos III ao V são mais próximos do que a SI busca realizar, porém práticas mais simples como a reciclagem e até mesmo o conhecimento profundo sobre o processo produtivo da empresa podem ser consideradas ferramentas iniciais para o processo de um desenvolvimento sustentável.

Além dos tipos de trocas, a SI pode estar dividida em três estágios, que se caracterizam desde uma SI mais simples até um quadro de sinergias mais organizado (CHERTOW; EHRENFELD, 2012, p. 19-22):

- a) estágio 1 - Brotação (*Sprouting*): as empresas começam a trocar recursos de forma aleatória por diversas razões. Nesta fase, existem algumas formas de ligação, mas o sistema é desordenado em relação aos fluxos de materiais e energia, que são voltados para o comércio ao invés de um ambiente mais amplo e não existe nada específico sobre os eventos iniciais;
- b) estágio 2 - Descobrindo (*Uncovering*): este estágio não existiria sem que algumas estruturas começassem a existir no estágio 1. Agora já é possível que o observador perceba um comportamento emergente de eventos, com *clusters* trocando materiais e energia para o benefício econômico mútuo, conduzindo à externalidades ambientais positivas em relação aos custos sociais. Ou seja, nesta etapa já é possível observar que as empresas começam a realizar intercâmbios de recursos reduzindo as externalidades negativas;
- c) estágio 3 - Adesão e institucionalização (*Embeddedness and institutionalization*): além da auto-organização, a expansão da rede torna-se intencionalmente conduzida por uma entidade institucional criada em um estágio anterior, tornando mais estabelecido nesta etapa. Esta institucionalização serve para validar um novo ambiente, estimulando intencionalmente resultados ambientais positivos.

Estes três estágios podem ser vistos como um Ecosystema Industrial (ESI) em desenvolvimento, sendo que a cada etapa que o parque industrial evolui, a rede de sinergias fica mais evidente e é possível observar um sistema mais complexo e organizado. Marquez Júnior (2014) enfatiza que a SI tende a se desenvolver por meio da ação espontânea dos agentes

econômicos, na forma de ESI. Sendo assim, pode-se dizer que o ESI (que será tratado na próxima seção) é uma expressão concreta da SI (CHERTOW, 2000).

A abordagem de Zhu et al. (2010) se aproxima muito deste contexto, com a criação de um sistema contendo sete indicadores primários que poderiam ser usados por uma entidade para selecionar potenciais empresas para participar de um parque industrial. Porém, esta metodologia não considerou que as empresas podem modificar seu perfil e seu consumo ao longo do tempo, e também não foi considerado a verificação do nível de simbiose entre as empresas do parque. Por este motivo, Felicio (2013) sugere uma solução para aprimorar a proposta de Zhu et al. (2010), apresentando o Indicador de Simbiose Industrial (ISI), o qual retrata o nível de simbiose entre as empresas de um ESI, com dados resultantes do fluxo de resíduos do sistema. Estudos de Mantese e Amaral (2016) afirmaram que o ISI apresenta uma maior robustez dos resultados se comparado a outros indicadores de SI.

Vale ressaltar que o ISI não substitui indicadores importantes, por exemplo o indicador de impacto ambiental, e sim ele complementa outros indicadores. Chertow e Ehrenfeld (2012) observaram que o desafio neste contexto é criar ferramentas que tratem a situação do ponto de vista dinâmico, considerando simples a aplicação. Com base nisto, Felicio (2013) enfatiza que o ISI é um indicador simples, visto que não é utilizado por especialistas em sustentabilidade, e sim por gestores e profissionais, atores do parque industrial e por diferentes usuários (agenciador, governo e outras instituições, público consumidor e empresas envolvidas).

Felicio (2013, p. 69) lista algumas questões que o ISI pode ser importante para o agenciador, que corresponde ao principal usuário do indicador e é responsável pelo levantamento dos dados relacionados a todos os resíduos circulantes e de saída do parque industrial. Assim, as principais são:

- a) Priorizar a entrada de empresas que contribuam para o aumento do nível do indicador;
- b) Monitorar e avaliar o desempenho simbiótico das empresas participantes e do ESI como um todo, comparando com períodos de referência anteriores;
- c) Identificar resíduos que possam ser alvo de estratégias de estímulo ao aumento de consumo entre as empresas por meio da cooperação entre as mesmas;
- d) Oferecer medidas de incentivo, como isenções em taxas de transporte, tratamento e descarte, incentivando que as empresas desenvolvam processos de produção que reutilizem resíduos gerados dentro do parque industrial;
- e) Comunicar o desempenho ambiental do ESI às partes interessadas;
- f) Promover o “marketing verde”;

- g) Estimular potenciais parcerias com outros parques industriais;
- h) Identificar resíduos e emissões mais prejudiciais.
- i) Com relação às empresas, Felicio (2013, p. 69) elenca as principais utilidades do indicador:
- j) Realizar novas trocas de resíduos industriais;
- k) Analisar oportunidades para inovações tecnológicas e melhorias de eficiência;
- l) Identificar novas oportunidades de mercado.

### 2.3 ECOSSISTEMA INDUSTRIAL - ESI

Outro conceito que contribui para a discussão sobre processos industriais mais sustentáveis é o “Ecosistema Industrial”, o qual é dividido em dois tipos: eco parques industriais e as redes eco-industriais, sendo que as primeiras exigem proximidade geográfica, concentrando as empresas em localidades específicas; já no segundo caso, as empresas estão espalhadas em uma região e experimentam novas possibilidades de cooperação (VEIGA; MAGRINI, 2008).

O ESI como um todo consiste na inovação do design de ligações interorganizacionais por meio de uma lógica ecológica (SHRIVASTAVA, 1995). Para Hoff et al. (2008), as organizações dentro desta rede utilizam os subprodutos e produtos umas das outras, a fim de reduzir o gasto total de energia e de recursos naturais e o total de perda e poluição do sistema. Lowe (2001) destaca ainda que um ESI deve ser encarado muito mais que uma simples rede de intercâmbio de matéria e energia, ou um *cluster* estruturado a partir de concepções verdes, e sim deve ser encarado sob uma perspectiva integradora entre negócios, comunidade local e ambiente natural.

Côté e Rosenthal (1998) afirmam que este tipo de ecossistema surgiu da tentativa de aplicar os princípios da ecologia à atividade industrial e ao planejamento comunitário. Jelinski et al. (1992) consideram que os ESI's representam um meio para que haja o reaproveitamento de insumos não desejáveis e otimização do processo produtivo, operacionalizando o fechamento do ciclo de produção.

Desta forma, para ocorrer um ESI, deve existir relações de interdependência entre diversos atores envolvidos no sistema, e Korhonen (2001) ressalta que para um ecossistema local, a cooperação parece ser mais importante que a competição, e um ecossistema nos moldes do que propõe a EI seria capaz de utilizar os recursos locais de maneira sustentável, produzir

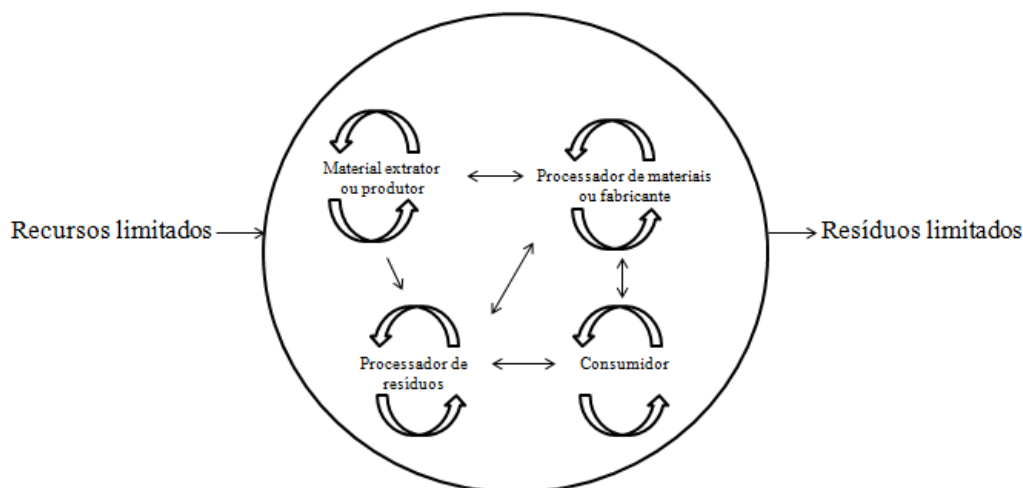
para consumidores finais locais minimizando o uso de energia e adaptar a capacidade de sustentação do local.

Pode-se afirmar então que o ESI não é organizado de maneira *top-down* (de cima para baixo), e sim *bottom-up* (de baixo para cima), por meio de decisões descentralizadas, interdependentes e localizadas a partir de firmas, municípios, estados e nações (ANDREWS, 1999). Pelo exposto, os arranjos produtivos devem ser incentivados por meio de instrumentos de desenvolvimento regional que levem em consideração os aspectos sociais, econômicos, culturais, climáticos e ambientais da região.

Como é ressaltado por Marquez Júnior (2014), na medida em que as firmas realizam operações dentro de “nós” (conjunto de agentes, objetos ou eventos em relação à rede a qual estará definida), de uma forma cíclica ou organizada, estas firmas evoluem em modos de operação que são mais eficientes e têm menor impacto sobre sistemas externos de apoio e comportam-se como a definição de EI do tipo III.

Jelinski et al. (1992) elaboraram um modelo esquemático do ESI (Figura 2), caracterizando que este é um sistema que utiliza recursos limitados e necessita obter como resultado do processo uma quantidade também limitada de perdas, utilizando todos os recursos, resíduos e subprodutos do próprio sistema.

Figura 2- Modelo esquemático de um ESI.



Fonte: Adaptado de Jelinski et al. (1992).

Vale destacar que os ESI's inferem a um arranjo produtivo que pode ocorrer em vários níveis, e Shrivastava (1995) relacionou os principais como sendo: ESI simples, que envolvem trocas entre um pequeno grupo de organizações geograficamente próximas; e ESI extenso, em que a rede pode estabelecer relações cooperativas aos níveis local, regional ou nacional.

Para o desenvolvimento de um ESI, é importante explorar sinergias, oportunidades, e redes potenciais por meio de ações de planejamento. Sendo assim, Roberts (2004) alerta que os sistemas de planejamento precisam ser flexíveis, correspondendo às mudanças na indústria e na tecnologia de materiais, incentivar uma maior integração dos processos de desenvolvimento, e a co-localização dos fabricantes. Moraes (2007) considera que as empresas precisam ser menos restritivas na disponibilização das informações necessárias para a elaboração de projetos conjuntos e o governo é um fator importante para isso, pois possui capacidade de fomentar e influenciar o recrutamento de indústrias e auxiliar a formação da configuração industrial mais desejada.

Na prática, os ESI's precisam ter algumas características importantes, que são descritas em três níveis, propostos no estudo de Pacheco (2013):

- a) micro-análise (âmbito da firma): aspectos dentro da firma que as permitem agir como ESI's, como a simbiose industrial, práticas de produção mais limpa e ganhos econômicos;
- b) meso-análise (inter-firma): estão elencados os aspectos econômicos, ambientais e sociais nos níveis regional e local. Além disso, alguns aspectos concretos são relevantes para que o arranjo se estabeleça e possa agir como um elemento que possibilite o desenvolvimento das áreas onde se insere, como a disponibilidade de recursos naturais, ganhos ambientais, diversificação econômica, disponibilidade de fatores de produção, infraestrutura, agente central, proximidade geográfica, geração de empregos, grupos locais e afinidade histórico-cultural.
- c) macro-análise: são envolvidas questões de políticas públicas de crescimento e desenvolvimento, assim como os aspectos que estruturam o funcionamento do que ocorre nos níveis regional, local e organizacional e os aspectos legais e regulatórios subjacentes a cada um desses elementos.

As principais motivações que levam as indústrias a engajarem na iniciativa de participar de um ESI são elencadas por Jacobsen (2006), onde a primeira seria a pressão institucional externa advinda de um macroambiente favorável, e a segunda seria uma maior vantagem competitiva. Para atender a crescente pressão institucional externa, o autor ainda sugere que as indústrias cooperem umas com as outras no intuito de atender a legislação vigente, visto que grande parte delas desconhece ou tem dificuldade em atender a legislação, principalmente a legislação ambiental. Também é importante que haja o apoio das instituições públicas a fim de disponibilizar incentivos fiscais para estimular as empresas a formar um ESI.

Ao mesmo tempo em que o ESI fomenta a cooperação, o arranjo pode colocar em evidência as dificuldades pertinentes a esse tipo de relacionamento, pois exigem laços de confiança entre os envolvidos, bem como estruturas institucionais específicas que são de difícil construção (PACHECO, 2013). Outro fator importante que o autor destaca é que mesmo que este arranjo facilite na diminuição de custos operacionais com a troca de subprodutos e/ou utilização mais eficiente de recursos, o estabelecimento do arranjo pode incorrer em dificuldades relacionadas aos custos de implementação ou restrições em termos de fontes de financiamento em razão da natureza dos retornos.

Lowe (2001) evidencia que a indústria, o meio ambiente e a sociedade podem se beneficiar com a participação em ESI's. No âmbito industrial, o autor afirma que ocorre a ampliação na eficiência do uso dos recursos, diminuição de custos operacionais, aumento da competitividade, colaboração entre firmas de interesses diferenciados (produtos, estrutura e informação) e incentivo à inovação. Para o meio ambiente, o autor salienta que diminui as fontes de poluição, a necessidade de recursos e o peso do sistema econômico sobre o ambiente. Por fim, a sociedade obtém oportunidade de negócios locais, melhoria na qualidade de vida com a redução da poluição, integração com projetos de desenvolvimento local e urbano e integração entre comunidade e firmas.

### **2.3.1 Descrição de ecossistemas industriais no mundo**

O interesse em ESI's está crescendo, sendo possível observar diversos parques industriais que realizam sinergias ao redor do mundo. Muitos modelos têm sido desenvolvidos em vários estágios envolvendo indústrias dos mais variados ramos. Sendo assim, nesta seção será apresentada uma abordagem sintetizada do desenvolvimento de casos internacionais de ESI's, que servem de referência para as entidades que querem inserir este conceito em sua empresa ou no setor industrial a qual está inserida.

#### *2.3.1.1 Kalundborg, Dinamarca*

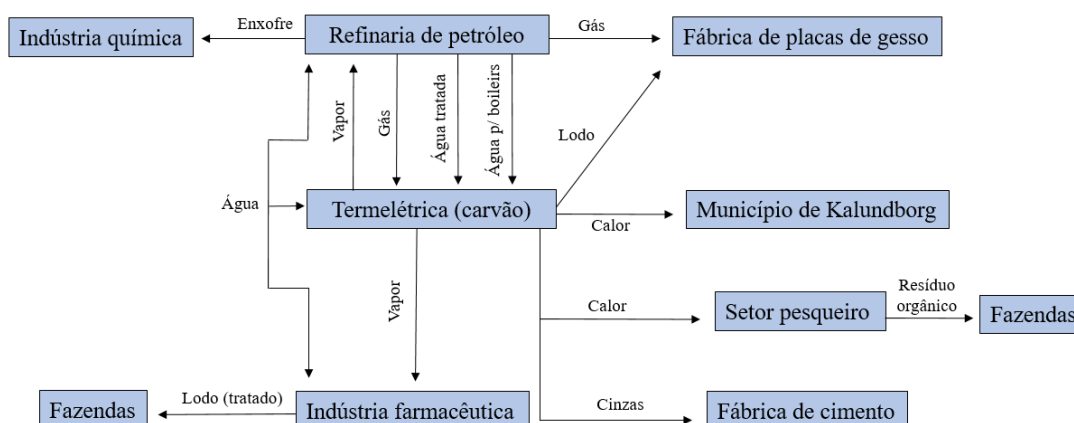
Kalundborg é uma pequena cidade da Dinamarca, onde se desenvolveu na década de 1970 um arranjo integrado de reaproveitamento de fluxos de subprodutos e resíduos industriais, estruturando um ESI que foi visto como um exemplo clássico da literatura, sendo um modelo a ser seguido por outros países.



Ehrenfeld e Gertler (1997) enfatizam que este arranjo se desenvolveu de maneira espontânea, sem pretensão de demonstrar os benefícios da SI, e sim com o foco de reduzir os custos econômicos. Este arranjo industrial começou a ser desenvolvido com uma termelétrica, que passou a ser o agente central da rede e possibilitou que novas empresas começassem a se instalar nas proximidades para novas relações de trocas ao longo do tempo. A partir de então, firmas dos seguintes setores começaram a aparecer: refinaria de petróleo, estação de energia, instalação de placa de gesso, farmacêutico, pesqueiro, entre outros, e o próprio município de Kalundborg (CHERTOW, 2000).

A Figura 3 apresenta um esquema deste ESI, que configura como um Tipo IV de SI, em que empresas estão situadas em parques onde a rede de sinergias está difundida e em pleno funcionamento (CHERTOW, 2000).

Figura 3 – Esquema do ESI de Kalundborg.



Fonte: Adaptado de Chertow (2000) e Moraes (2007).

Na Figura 3 é possível analisar o reaproveitamento e as trocas de matéria e energia (como vapor, calor dissipado, lodo, gesso industrial, água - subterrânea, superficial e residual, gás combustível) além dos principais resíduos trocados entre as firmas, que são: carvão, enxofre, gesso, lodo e óleo de estação de tratamento de efluentes.

Existem alguns fatores que podem ter contribuído para o desenvolvimento de Kalundborg, e Côté e Rosenthal (1998) elencam os seguintes: correta incorporação das indústrias, proximidade geográfica e a integração pré-existente entre as mesmas, demanda por um desenvolvimento mais sustentável, acordos comerciais, cooperação voluntária entre os atores e o incentivo das autoridades governamentais locais.

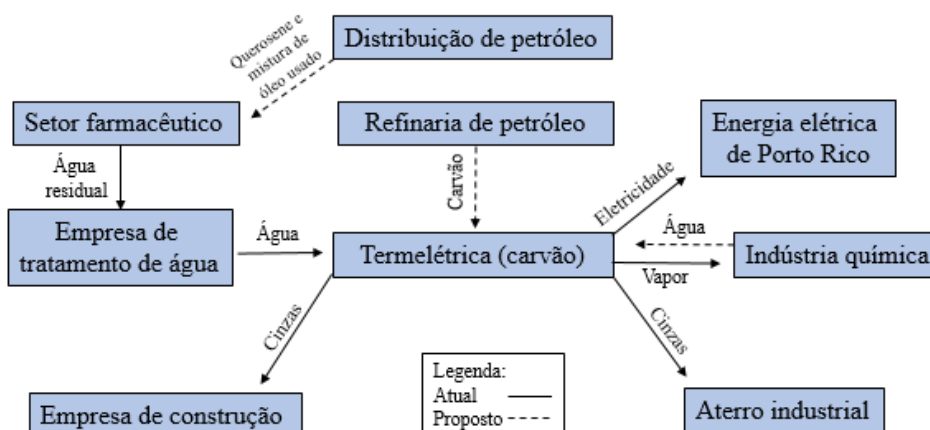
### 2.3.1.2 Guayama, Porto Rico

As trocas inter-firma no município de Guayama, localizada em Porto Rico, configura uma rede de sinergias, analisando os aspectos ambientais e econômicos. Antes de 1940, a economia do município era principalmente com base na agricultura e um pouco de manufatura, sendo que após este período o perfil industrial começou a se desenvolver (CHERTOW; LOMBARDI, 2005).

Em 1966, foi aberta uma refinaria petroquímica no município, e a partir de 1980 começaram a aparecer algumas empresas do setor farmacêutico. Logo após, começaram a existir também empresas de fabricação de lata de alumínio, garrafa plástica, reparação de maquinaria pesada, cuidados bucais e de detergentes; e em 2002, uma empresa instalou uma termelétrica a carvão.

Chertow e Lombardi (2005) evidenciam que as trocas em Guayama (Figura 4) incluíam a usina de energia a carvão utilizando água recuperada da estação de tratamento de água para geração e fornecimento de vapor, destinado a uma refinaria de petróleo. Além desta, outras trocas de calor, eletricidade e água podem ser observadas, sendo considerado uma SI do tipo IV (CHERTOW, 2000); e estágio 3, ou seja, de adesão e institucionalização, já sendo uma rede industrial organizada e as trocas de resíduos são intencionalmente conduzidas. (CHERTOW; EHRENFELD, 2012).

Figura 4 – Esquema do ESI de Guayama, Porto Rico.



Fonte: Adaptado de Chertow; Lombardi (2005) e Chertow; Ehrenfeld (2012).

Chertow e Lombardi (2005) elencam os benefícios ambientais e econômicos que foram analisados diante desta rede industrial em Guayama. Para o meio ambiente, os autores discutem que o ESI permitiu principalmente reduzir 99,5% das emissões de SO<sub>2</sub> e evitar o gasto de 4

milhões de galões por dia de água doce por meio da reutilização de água das estações de tratamento.

Para a economia da cidade, os autores enfatizam que o setor químico obteve grande destaque, sendo que não necessitou operar as caldeiras para produzir vapor, tendo redução nos custos operacionais; e na termelétrica, reduzindo os custos na compra de água doce (que seria aproximadamente US\$ 1,2 milhões por ano). Chertow e Lombardi (2005) completam ainda que em todos os casos, os benefícios privados foram alcançados juntamente com os públicos.

### *2.3.1.3 Guitang Group, China*

O Guitang Group foi fundado em 1954 pelo estado e implementou uma sistemática que integra entradas e saídas de diversos atores para utilizar os recursos disponíveis (ZHU; CÔTÉ, 2004). Sendo assim, é uma abordagem que pode ser vista como um desenvolvimento de um parque eco-industrial, que na visão de Chertow e Ehrenfeld (2012), se enquadra no estágio 3 da SI (adesão e institucionalização).

As empresas pertencentes ao Guitang Group são: celulose, papel, álcool, cimento e fertilizantes. Este complexo industrial teve como objetivo melhorar o desempenho ambiental e econômico da seguinte forma: mantendo um relacionamento próximo com os principais fornecedores; produzindo um açúcar de qualidade (vital para ganhar maior participação no mercado) e obtendo o máximo proveito da cana de açúcar; e desenvolvendo indústrias relevantes que utilizam subprodutos e resíduos (ZHU; CÔTÉ, 2004).

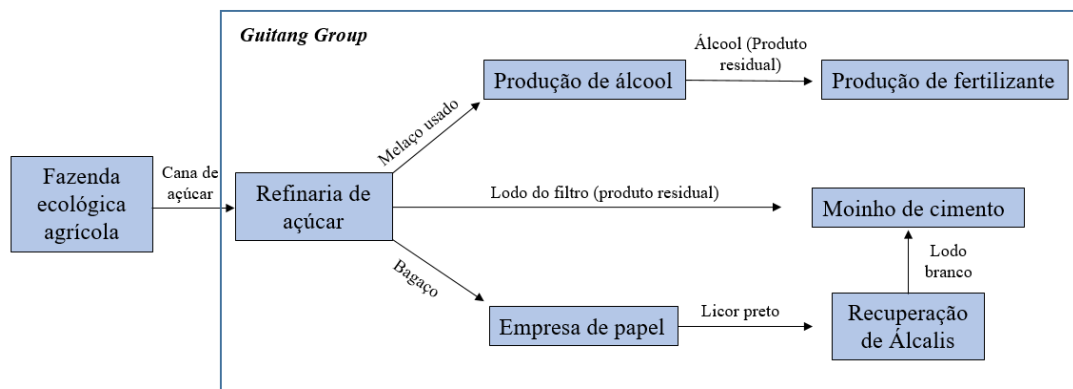
Estudos de Zhu e Côté (2004) constataram que a produção total do complexo inclui o açúcar (120.000 t), papel (85.000 t), álcool (10.000 t), álcali<sup>2</sup> (8.000 t) e fertilizantes (30.000), sendo todos estes setores considerados potencialmente poluidores, mesmo atendendo os padrões ambientais locais e nacionais.

Até então, duas cadeias principais são utilizadas no complexo, a de álcool e a de papel. A primeira consiste em uma refinaria de açúcar, uma empresa de álcool e uma empresa de fertilizante. Ao longo da cadeia, cada empresa descendente utiliza resíduos da empresa ascendente como matéria-prima. A Figura 5 ilustra estas duas cadeias ao longo deste processo de simbiose.

---

<sup>2</sup> Utilizado na química como uma base, sal iônico de um metal alcalino ou de um elemento metal alcalinoterroso.

Figura 5 – Esquema do ESI de Guitang Group, China.



Fonte: Adaptado de Zhu e Côté (2004).

Zhu et al. (2007) salientam que obter fornecedores de produtos intermediários com grandes partes do mercado é vantajoso, pois foi constatado que realizar simbioses internas nas empresas subsidiárias produz um produto de maior qualidade comparado aos concorrentes. Além disso, os autores afirmam que a diversificada gama de produtos resultantes da abordagem da SI ajuda o complexo a manter relacionamentos estáveis em situações internacionais voláteis nos mercados do açúcar.

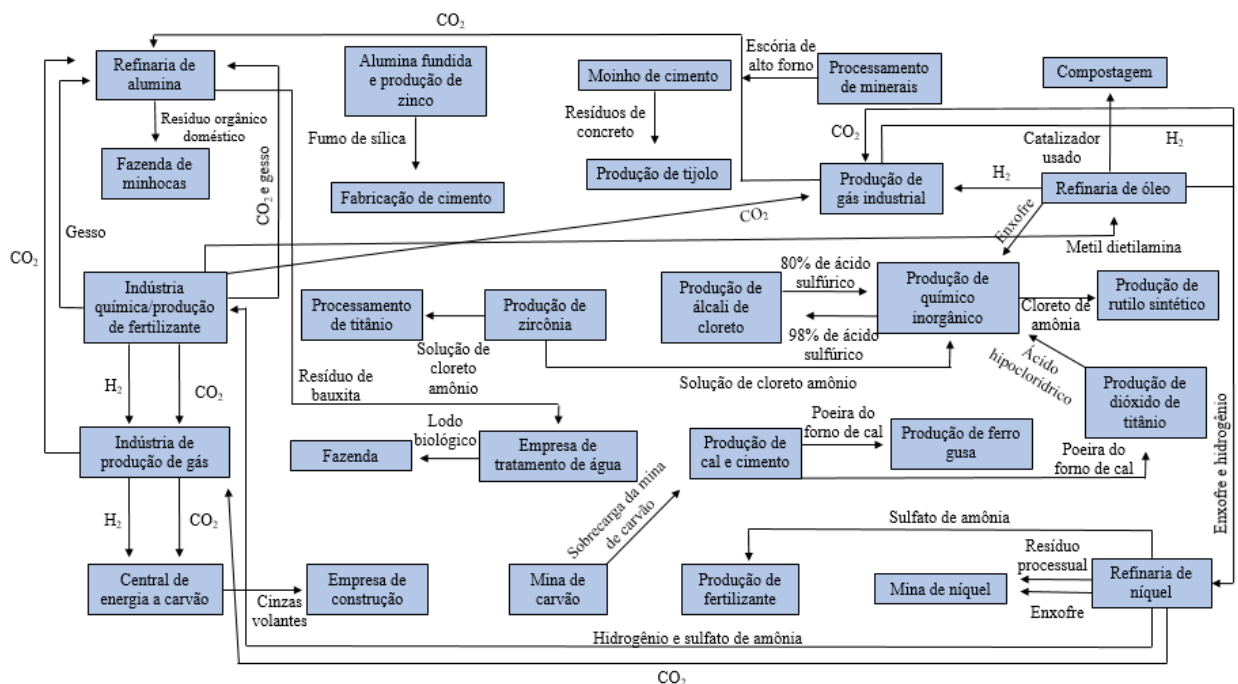
Além destas simbioses internas, Shi e Chertow (2017) destacam que este complexo está envolvido em simbioses externas, com conexões com agricultores externos, fabricantes de cimentos, outras refinarias de açúcar e fabricantes de materiais rodoviários, formação de bons relacionamentos com os agricultores locais com contratos de longo prazo e fornecendo fertilizantes orgânicos de baixo custo. Short et al. (2014) complementam que estas simbioses externas também são significativas pois mostram como as atividades deste complexo industrial evoluíram de forma totalmente autônoma, cruzando a fronteira empresarial a medida que o uso e o conhecimento dos recursos expandiram para inúmeras organizações.

#### 2.3.1.4 Kwinana, Austrália

A Austrália Ocidental é um estado conhecido por possuir muitos recursos naturais, incluindo minério de ferro, bauxita, ouro, níquel, areias minerais, diamantes, petróleo e carvão (VAN BEERS et al., 2007). A área industrial da cidade de Kwinana está localizada neste estado, realizando um papel importante para a economia e a comunidade local, que segundo Van Beers, Bossilkov e Lund (2009), a área foi estabelecida na década de 1950 com o intuito de desenvolver o processamento de recursos de indústrias da região.

Kwinana iniciou sua área industrial com uma refinaria de óleo (MACLACHLAN; HORSLEY, 2015), tendo ao longo do tempo uma gama muito diversificada de indústrias (principalmente não concorrentes), incluindo empresas químicas, de biotecnologia, até grandes indústrias de processamento de recursos. Sendo assim, uma série de empresas produzem matérias-primas para outras empresas próximas utilizarem na fabricação e processos de refinação (VAN BEERS et al., 2007), com compostos químicos, resíduos químicos e outros resíduos processuais que podem ser trocados entre as empresas, como é observado na Figura 6.

Figura 6 – Esquema do ESI de Kwinana, Austrália.



Fonte: Adaptado de Van Beers et al. (2007).

As indústrias centrais do estado começaram a surgir em 1991 por meio de um conselho. Até então, não havia uma associação da indústria formal para a área industrial de Kwinana.

O objetivo inicial do conselho foi organizar o monitoramento de ar e água necessário para as indústrias da área, sendo que, posteriormente, a abordagem passou para questões comuns entre as principais indústrias de Kwinana, procurando promover interações positivas entre os membros das empresas, governo e comunidade (VAN BEERS et al., 2007). O desejo de organizar, compreender e documentar as contribuições que a área industrial obtinha para o estado, fez o conselho iniciar um estudo de impacto econômico regional, incluindo análises dos principais fluxos de materiais e energia dentro da área, assim como avaliar o nível de integração entre indústrias.

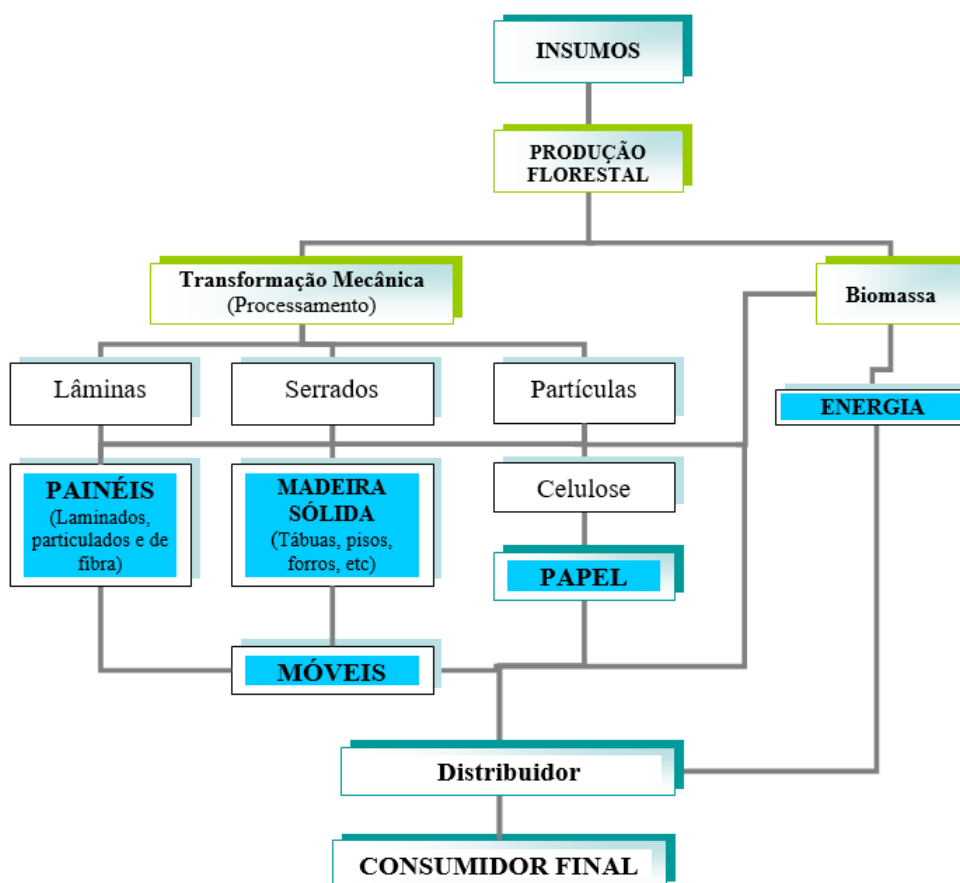
Van Beers, Bossilkov e Lund (2009) complementam que o conselho reconhece a existência de um grande volume de subprodutos produzidos e armazenados pela área industrial, estando comprometidos a implementar projetos de sinergia para aumentar a sustentabilidade da região, vantagem competitiva entre empresas e benefícios ambientais e comunitários. Van Beers et al. (2007) ressaltam ainda que este complexo industrial foi muito beneficiado por aspectos de sustentabilidade, como gestão de risco, acesso contínuo a recursos vitais, legislações ambientais e relações com a comunidade.

#### 2.4 INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL

O setor de base florestal, ou complexo agroindustrial, representa as atividades primárias e secundárias. A primeira refere-se à extração vegetal (colheita de produtos *in natura*, manejo sustentável das florestas) e à silvicultura (atividades de florestamentos e reflorestamentos). Já as atividades secundárias são baseadas no beneficiamento e processamento de diversos produtos derivados da madeira (madeira sólida, painéis reconstituídos, celulose e papel, móveis, lenha, carvão vegetal, resíduos utilizados como insumos para produção de energia) e outros produtos de origem florestal, tais como resinas, óleos e fibras (FISCHER, 2009).

Os complexos agroindustriais são definidos conforme sua matéria-prima base. Sendo assim, o complexo agroindustrial da madeira corresponde a todas as atividades ou processos industriais e comerciais da madeira até chegar ao consumidor na forma de produto final (SIMIONI et al., 2007). Este complexo possui um conjunto de cinco cadeias de produção, sendo elas: painéis, madeira sólida, papel e energia (Figura 7).

Figura 7 - Diagrama do complexo agroindustrial da madeira.



Fonte: SIMIONI et al. (2007).

Estudos de Simioni et al. (2007) descreveram estas cinco cadeias produtivas:

- cadeia produtiva da madeira sólida: estão presentes os insumos que possuem alta especificidade em relação à produção florestal, como mudas florestais, máquinas para o plantio e para a colheita e produtos fitossanitários. A produção florestal é o segundo elo desta cadeia, caracterizando pelo cultivo de florestas ou silvicultura dentro de propriedades rurais. Assim, as toras são levadas para a transformação primária na fase de operação de corte (desdobro) e para a transformação secundária, que considera as operações de beneficiamento e a transformação da madeira em produtos para uso final;
- cadeia produtiva de papel: composta de quatro transformações. A primeira consiste em obter cavacos (sem casca) a partir do processo de corte das toras de madeira. Os cavacos são utilizados para produzir celulose e as cascas são destinadas para a produção de energia. Na segunda transformação obtém-se a celulose branca ou natural. A terceira transformação consiste em obter o papel por meio da celulose, e

na quarta transformação se converte o papel em produtos finais, como embalagens de papel, papel higiênico, papel-toalha, etc.;

- c) cadeia produtiva de painéis: o processo produtivo inicia na transformação mecânica da madeira em lâminas, serrados ou partículas. Os painéis podem ser utilizados diretamente na forma de chapas pelo consumidor final ou ser beneficiados para a construção civil, movelaria, etc.;
- d) cadeia produtiva de móveis: é composta por três transformações na indústria. A primeira transformação consiste na produção de madeira serrada, lâminas e partículas para a matéria-prima (toras de madeira). Na segunda transformação realizam-se operações de beneficiamento dos produtos da primeira transformação, produzindo peças para móveis e painéis. E na terceira transformação se produz o móvel para o mercado consumidor;
- e) cadeia produtiva de energia: apresenta um vínculo com as cadeias de produção mencionadas, pelo fato de a produção de energia utilizar os resíduos das indústrias como matéria-prima, sobretudo da indústria de transformação mecânica e, em menor escala, de toras finas provenientes dos desbastes das florestas. A utilização da biomassa pode ser para produzir energia térmica, com o aproveitamento do calor obtido pela queima da biomassa para geração de vapor; ou cogeração de energia, consistindo na geração de energia térmica e elétrica por meio de um circuito fechado de geração de vapor, que é aquecido e passa por turbinas gerando energia elétrica (incorporada na rede de distribuição da concessionária), e a outra parte é utilizada por indústrias que estão próximas à unidade de cogeração.

A indústria de base florestal pode ainda ser classificada em três níveis (primária, secundária e terciária), conforme o grau ou intensidade da transformação da madeira (SIMIONI et al., 2007):

- a) primária: são as serrarias e laminadoras, e os resíduos deste processo são as cascas das toras, as costaneiras e a serragem. Os cavacos são produzidos a partir das costaneiras sem casca ou de toras de menor diâmetro, destinadas às empresas de papel e celulose. Os demais resíduos desta produção são destinados à produção de energia;
- b) secundária: fazem parte as indústrias de transformação mecânica de beneficiamento, resultando na produção de painéis, chapas, artefatos, molduras, assoalhos, entre outros produtos de empresas de papel. Nesse processo são gerados principalmente os seguintes resíduos: serragem, maravalha, destopo, refilos e pó;



- c) terciária: incluem as indústrias de produção do produto final, como as moveleiras e convertedoras de papel. Os resíduos gerados neste nível são semelhantes ao anterior, com maior proporção de pó.

O resíduo florestal é todo o material resultante da exploração comercial da madeira sem uma utilização industrial definida (SALMERON, 1980). Simioni e Hoeflich (2010) afirmam que a concentração de plantios florestais e as atividades industriais resultam em significativos volumes deste resíduo, tanto no processo de colheita florestal, como nas diferentes fases do processo de transformação da madeira.

Grande parte deste resíduo é gerado no processamento da madeira serrada, sendo que a quantidade do mesmo em relação à madeira processada depende do tipo de processo empregado, do tipo de matéria-prima utilizada, produto final obtido e das condições tecnológicas empregadas (HILLIG et al., 2006; PAIXÃO; FERREIRA; STACHIW, 2014). Hillig et al. (2006) destacam também que a abundância de matéria-prima em determinadas regiões contribui para o baixo aproveitamento, sendo assim, os rendimentos obtidos por serrarias no desdobro da madeira variam de uma região para outra e de uma empresa para outra, diferenciando as possíveis formas de reaproveitamento dos resíduos.

Atualmente, os resíduos florestais não são mais vistos como um problema ou algo pejorativo resultante do processo industrial, mas sim uma fonte de matéria-prima para novos produtos (CORONEL, et al., 2007). Esses resíduos podem ser reutilizados de diversas maneiras, dependendo da viabilidade econômica e ambiental (KOZAK et al., 2008) e as possíveis alternativas de destinação para eles são a compostagem, o uso como resíduo estruturante, a produção de energia, o uso como lenha, carvão vegetal, produção de painéis (aglomerados, MDF, entre outros), produção de briquetes, produção de papel ou como farinha de madeira (BONDUELLE; YAMAJI; BORGES, 2002).

A elevada geração destes resíduos, associada muitas vezes ao seu baixo aproveitamento, acarretam em impactos negativos ao meio ambiente, pois são responsáveis pela poluição por meio de gases como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nítrico (NO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e pelo desmatamento (CORONEL et al., 2007), resultando em danos ambientais e perda significativa de oportunidade para a indústria, comunidades locais, governos e sociedade em geral (BRASIL, 2009). Assim, os problemas estão relacionados com o assoreamento e a poluição dos rios, poluição do ar, utilização de áreas para o armazenamento desse material que poderiam ser usadas para outros fins e o desperdício de matéria-prima que entra na indústria (BRAND et al., 2002). Além disso, muitas vezes os resíduos florestais são queimados a céu aberto, ou sofrem combustão espontânea com emissão de particulados finos

para a atmosfera, provocando problemas respiratórios e reações adversas na população (RECH, 2002).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa adotada para o desenvolvimento do presente trabalho foi de natureza quali-quantitativa, cuja essência é caracterizar algo, e segundo Volpato (2015), é importante para a ciência, pois a descrição é geralmente o primeiro passo para ir em direção à compreensão do fenômeno. Sendo assim, o levantamento bibliográfico foi importante para o entendimento do assunto como um todo, pois partiu-se de conceitos já estruturados para a escolha das variáveis de análise e indicadores.

#### 3.1 FASES GERAIS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

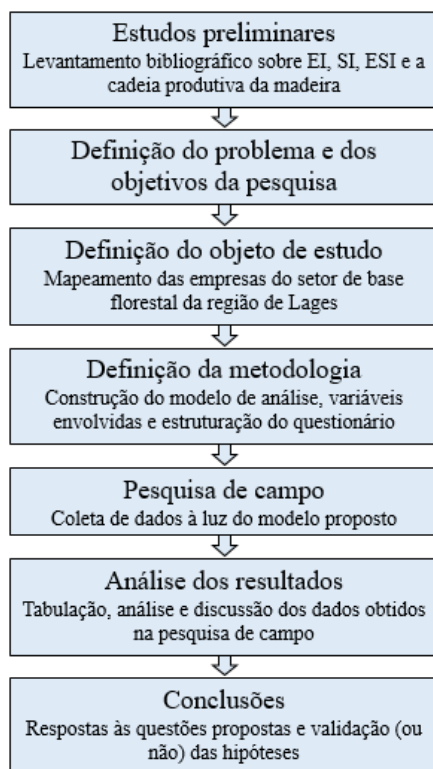
A pesquisa foi subdividida nas fases preliminar, pesquisa de campo, tabulação e análise dos dados e conclusão.

A fase preliminar se iniciou no segundo semestre de 2016 e primeiro semestre de 2017, com um levantamento bibliográfico dos conceitos relacionados à sustentabilidade no âmbito empresarial, objetivando obter o máximo de informações pertinentes ao assunto para criar uma metodologia na região de estudo. Também foram levantadas informações da cadeia produtiva da madeira, de modo a entender quais são os resíduos envolvidos no processo. Nesta fase também foi delimitado o objeto de estudo e toda a sistemática de análise.

Diante da metodologia estruturada, a pesquisa de campo foi conduzida no segundo semestre de 2017, de modo a abranger empresas dos principais ramos de atividades existentes na região. Após isso, foram tabulados todos os dados obtidos para então analisar e discutir os mesmos. Por fim, foram geradas as conclusões a partir da análise detalhada dos resultados obtidos, buscando responder as questões de pesquisa formuladas na introdução deste trabalho.

A Figura 8 descreve as principais etapas da pesquisa, demonstrando a ordem da estratégia de coleta de dados.

Figura 8 - Representação das etapas da pesquisa.

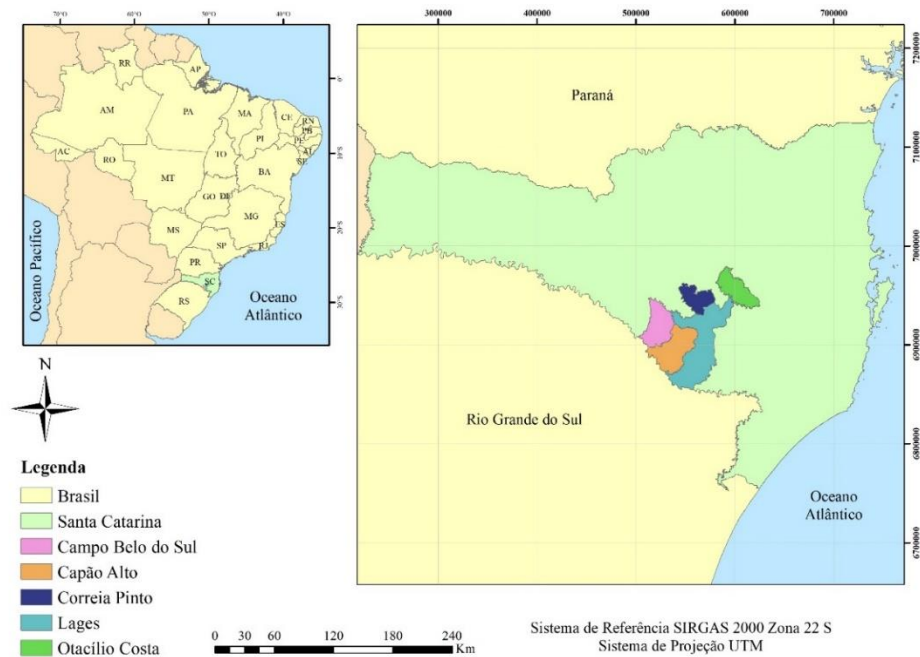


Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo teve como área de abrangência os seguintes municípios da região serrana de Santa Catarina: Campo Belo do Sul, Capão Alto, Correia Pinto, Lages e Otacílio Costa (Figura 9). Desse modo, abrangeu-se um raio de 68 km via transporte rodoviário. Para efeito de pesquisa, foi adotada a terminologia “região de Lages” para identificar a região de estudo.

Figura 9 - Localização geográfica dos municípios que compõem o estudo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na Tabela 1 são demonstradas as características dos municípios da área de estudo, sendo que a área total da região escolhida corresponde a 6.491,12 km<sup>2</sup>, representando aproximadamente 41% da região da AMURES (Associação de Municípios da Região Serrana).

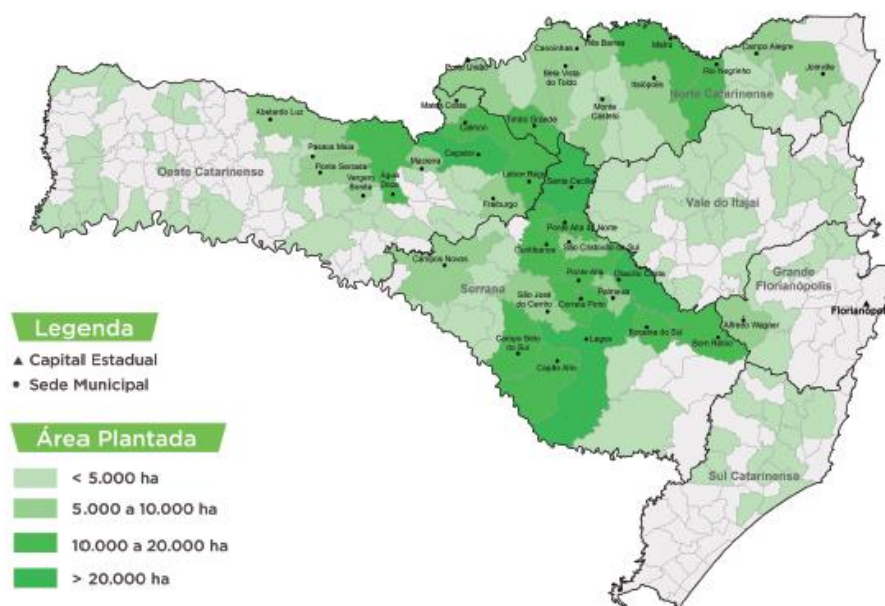
Tabela 1 - Características dos municípios da área de estudo.

Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	População (hab.)	PIB per capita (R\$)	IDHM
Campo Belo do Sul	1.027,65	7.177	22.961,84	0,641
Capão Alto	1.335,84	2.597	31.020,80	0,654
Correia Pinto	651,12	13.358	38.350,58	0,702
Lages	2.631,50	158.508	30.172,82	0,770
Otacílio Costa	845,01	18.313	34.766,60	0,740

Fonte: Elaborado a partir de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).

O motivo de escolher a região de Lages neste estudo foi por caracterizar-se como um importante polo do setor madeireiro. Na Figura 10 é possível observar uma localização geográfica dos principais municípios do estado com floresta plantada, das espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*. Os plantios florestais estão concentrados principalmente na região serrana, visto que a maioria dos municípios (incluindo todos os escolhidos nesta pesquisa) possuem área plantada superior a 20.000 ha.

Figura 10 – Concentração florestal dos principais municípios de Santa Catarina com floresta plantada de *Pinus* e *Eucalyptus*.



Fonte: ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (2016).

A região de Lages possui condições favoráveis principalmente para o desenvolvimento de florestas de *Pinus*, concentrando atividade de silvicultura (produção florestal), indústria de celulose, serrarias, fábricas de compensado e de chapas de painéis reconstituídos (ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS, 2016). Outro fator importante desta condição favorável é a possibilidade de efetuar o primeiro desbaste da madeira com sete ou oito anos de plantio (produção de celulose e papel), e 20 anos de idade (uso na indústria madeireira e moveleira), demonstrando alto potencial competitivo se comparado a outros países que necessita de 50 anos para a obtenção da mesma matéria-prima (HOFF; SIMIONI; BRAND, 2006).

Além do exposto, a maior parte da base florestal plantada no estado está mais concentrada em empresas integradas verticalmente<sup>3</sup>, de forma a garantir o suprimento de matéria-prima em seus processos industriais (ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS, 2016).

Sendo assim, este estudo está centrado no complexo produtivo de base florestal da região de Lages, que constitui em um arranjo produtivo de uma rede de organizações onde os

<sup>3</sup> Empresa integrada verticalmente: compreende a atuação da empresa em diversos estágios da cadeia produtiva relacionada à transformação de insumos em bens finais de determinada indústria, permitindo a obtenção de ganhos de eficiência e a redução de custos de transação (DANTAS; KERTSNETZKY; PROCHNIK, 2002).

resíduos (casca, cavaco, serragem e outros) de umas empresas são utilizados como matéria-prima por outras buscando minimizar a degradação ambiental.

### 3.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Na coleta de dados, alguns instrumentos foram escolhidos para serem aplicados, com o intuito de conseguir obter o máximo de informações possíveis. Seguiu-se a metodologia adotada por Castro, Lima e Silva (2010), que relacionou as principais técnicas de pesquisas que podem ser aplicadas em estudos desta natureza. Foram consideradas as seguintes técnicas adequadas para este estudo, adaptando a metodologia disposta no trabalho dos autores:

- a) coleta de informação sobre a indústria de base florestal: foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o setor florestal, bem como a interpretação destas informações, a fim de obter um completo entendimento de como funciona a cadeia produtiva deste setor;
- b) construção de modelo conceitual: com base na literatura analisada, foi possível criar modelos que permitiram uma análise mais ampla do que foi realizado posteriormente, para a partir destes, alcançar os objetivos da pesquisa. Além do modelo, foi feita também uma estrutura com categorias de análise, sendo importante para construir as perguntas do questionário semiestruturado;
- c) coleta de informação primária: foram realizadas entrevistas com os principais envolvidos no complexo industrial da região de Lages, para posteriormente aplicar um questionário semiestruturado com base nas variáveis de análise. Esta técnica será mais aprofundada na próxima subseção.
- d) análise de conteúdo: síntese de todas as informações oriundas das entrevistas e do questionário, as quais foram tabuladas em planilhas dinâmicas para a posterior construção de gráficos.

#### 3.3.1 Coleta de informação primária

A análise do diagnóstico das empresas foi composta de uma pesquisa exploratória de campo, por meio da realização de entrevistas e aplicação de um questionário. Para a elaboração e validação do questionário (Apêndice 1), o mesmo foi enviado para cinco especialistas, das áreas da economia e engenharias ambiental e florestal, com o intuito de obter opiniões e contribuições diversas e trazer melhorias ao questionário. Além disso, foi realizado um teste

piloto em uma empresa de Lages, para poder adequar o questionário para a aplicação nas outras empresas.

As entrevistas foram realizadas com conversas sem roteiro em cada empresa, a fim de entender como funciona a empresa na região, seu processo produtivo, entre outras questões. Simultaneamente, foi aplicado um questionário em cada empresa, objetivando conseguir as informações necessárias e abranger todas as variáveis criadas para o estudo. O mesmo constituiu em perguntas semiestruturadas tanto objetivas (podendo ter mais de uma resposta assinalada) quanto perguntas abertas, visando o levantamento de informações sobre o desempenho das sinergias de resíduos na região, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Sendo assim, o questionário constituiu-se em duas seções. A primeira seção está relacionada ao diagnóstico da empresa, contemplando as informações do ramo de atividade da empresa; porte conforme impacto ambiental (área útil e edificada); porte conforme receita bruta, considerando a classificação dos estabelecimentos do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (2017); tempo de atuação da empresa e cargo do entrevistado. A segunda seção foi elaborada com perguntas sobre SI e ESI, com o intuito de levantar informações sobre os resíduos (para o cálculo do ISI, que será visto posteriormente), os benefícios gerados das sinergias e outras informações que também poderiam caracterizar os princípios da SI.

A população de empresas da região de Lages foi identificada por meio da listagem de empresas florestais disponibilizada pelo Sindicato das Indústrias de Serrarias, Carpintarias e Tanoarias de Lages (Sindimadeira) e pelo Sindicato das Indústrias de Celulose e Papel de SC (SINPESC). A listagem inicial era de 52 empresas, e a partir disso, foram excluídas as que não faziam parte do escopo do estudo, sendo as que atuam exclusivamente com operações florestais ou com comércio de madeira, que estavam distantes do polo industrial e as que não mostraram interesse em participar do estudo. Sendo assim, a amostra final foi de 20 empresas dos sindicatos citados, e foram pesquisadas mais 4 empresas que também foram consideradas importantes para o estudo, sendo duas de produção de energia, uma de reciclagem e uma de artefatos de madeira.

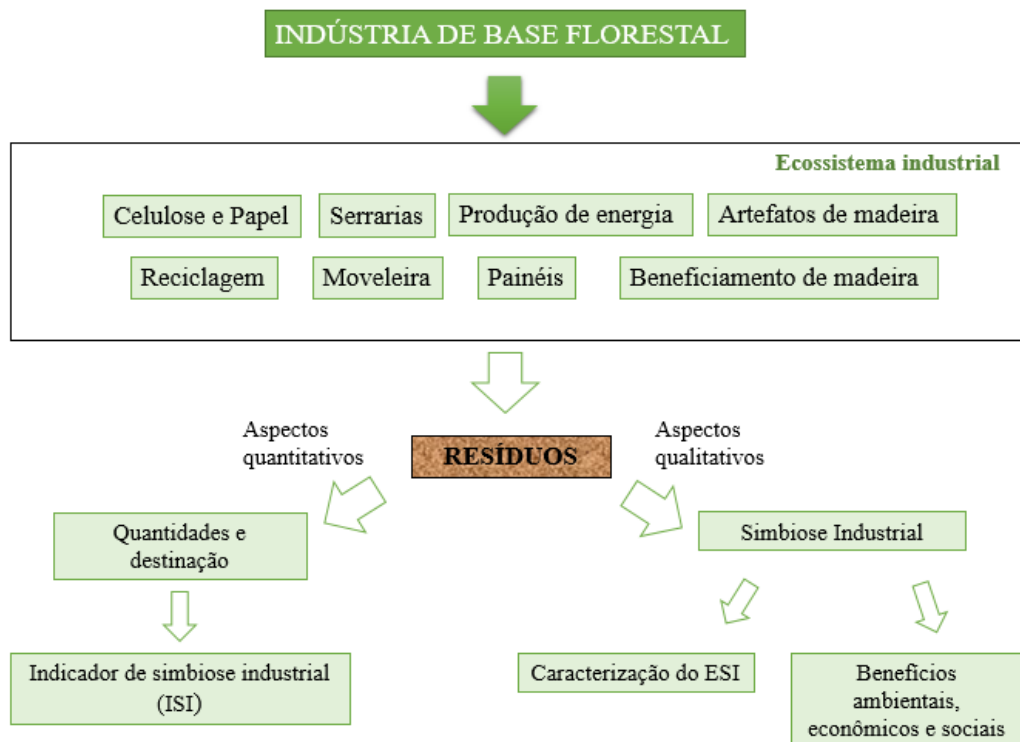
É importante ressaltar que algumas empresas não retornaram com todos os dados, seja porque a pessoa entrevistada não tinha acesso aos mesmos, ou não conseguiu disponibilizar em tempo hábil. Por esse motivo, o número de empresas para cada variável analisada foi diferente, a fim de não perder dados por falta de algumas informações.



### 3.4 VARIÁVEIS DE ANÁLISE

Para a obtenção das variáveis de análise, foi realizado um modelo conceitual (Figura 11) da metodologia adotada. Considerou-se para este modelo que todas as empresas analisadas estão inseridas em um ESI, de modo que geram resíduos constantemente. Estes resíduos podem se enquadrar em aspectos quantitativos e qualitativos para o estudo. Para os primeiros, considerou-se que uma certa quantidade de resíduos é destinada para outras empresas, dentro e fora do parque industrial da região de Lages, podendo assim ser calculado o ISI. Com relação aos aspectos qualitativos, esta troca de resíduos pode corresponder a uma rede de SI, podendo ser caracterizado como está sendo constituído o ESI e analisar os benefícios que o mesmo está proporcionando para a região ao qual está inserido.

Figura 11 - Esquemática do modelo conceitual.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O Quadro 1 apresenta todas as categorias de análise consideradas no estudo, a descrição dos aspectos analisados, os autores que foram utilizados como base para descrever estas categorias e os números das questões do questionário para cada categoria de análise.

Quadro 1 – Categorias de análise, os aspectos analisados e os números das questões do questionário referentes a cada categoria.

<b>Categorias de Análise</b>	<b>Aspectos analisados</b>	<b>Autores base</b>	<b>Nº questão do questionário</b>
Diagnóstico das empresas	Identificação da empresa, ramo de atividade, porte (conforme impacto ambiental e receita bruta), tempo de atuação, cargo e setor do entrevistado.	-	Seção I: questões 1 a 6
Produtos e processos	Tipo de resíduo, quantidade gerada, destinação, avaliação dos resíduos quanto à legislação, classe, uso, destinação e problemas/riscos, matriz de avaliação dos critérios (método AHP), inovações ambientais, práticas de produção sustentável, potencial de reaproveitamento dos resíduos, atividades de cooperação.	Felicio (2013); Gossen (2008); Saaty (2008); Lowe (2001); Jelinski et al. (1992); Giannetti; Almeida (2006)	Seção II: questões 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12
Relações comerciais	Incentivos para a cooperação, fatores limitantes da cooperação, influência da comunicação, potencial de reaproveitamento.	Andrews (1999); Pacheco (2013); Pereira; Lima; Rutkowski (2007); Jelinski et al. (1992)	Seção II: questões 6, 7, 8, 9
Impactos positivos	employment generation Constatação dos ganhos ambientais, sociais e econômicos, geração de empregos.	Kurup; Stehlik (2009); Pacheco (2013)	Seção II: questão 11, 17, 18
Inserção local	Papel de liderança/agente central, planejamento da instalação a empresa, possibilidades de aproveitar subprodutos, inserção de novas empresas, atuação no desenvolvimento local.	Pacheco (2013); Roberts (2004); Jelinski et al. (1992); Lowe (2001)	Seção II: questão 13, 14, 15, 16

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Estas variáveis foram enquadradas em dois níveis de análise: micro e meso. O primeiro está relacionado à cada empresa em si, ou seja, como ela está contribuindo para uma melhor preservação ambiental, quais seus próprios ganhos econômicos e como cada uma está contribuindo para o desenvolvimento da região. Já a meso-análise refere-se ao desenvolvimento da região, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos, e as relações entre as empresas.

Para a análise dos benefícios ambientais, sociais e econômicos, utilizou-se indicadores propostos por Kurup e Stehlik (2009), que estudaram a aplicação de um modelo de avaliação em ESI's para mensurar os benefícios da SI nas dimensões ambientais, sociais e econômicas. Os indicadores dos autores foram adaptados para se adequarem ao presente estudo, e foi

adicionada uma tabela de benefícios da SI ao questionário e atribuído os critérios: não (nenhum benefício), um pouco de benefício e muito benefício para cada indicador considerado. Vale ressaltar que a variável “um pouco” já é considerada um benefício, porém optou-se em utilizar esta denominação para obter uma resposta intermediária e para facilitar a comunicação com o entrevistado.

### 3.5 CÁLCULO DO INDICADOR DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

O ISI foi calculado segundo a metodologia proposta por Felicio (2013), de acordo com a Equação (1).

$$ISI = \frac{QIC}{1+QIS} = \frac{\sum(QRC \times GRC)}{1+\sum(QRS \times GRS)} \quad (1)$$

As variáveis QIC e QIS referem-se às Quantidades de Impacto Circulante e de Saída, respectivamente. Por meio da tabela fornecida no questionário, foi possível obter as variáveis Quantidades de Resíduos Circulante (QRC) e de Saída (QRS). A unidade para estas variáveis foi respondida geralmente em toneladas, porém em algumas empresas o entrevistado tinha esta informação apenas em metros cúbicos. Por este motivo, foram convertidos os dados para obter uma unidade padrão, e a Tabela 2 apresenta as densidades médias que foram utilizadas para realizar esta conversão.

Tabela 2 - Conversão das unidades dos resíduos analisados.

Material	Densidade média (g/cm <sup>3</sup> )	Fonte
Casca	0,265	Simioni (2007)
Cavaco	0,350	Simioni (2007)
Destopo	0,475	Brand; Neves (2005)
Maravalha	0,125	Simioni (2007)
Pó	0,300	Empresas visitadas
Serragem	0,400	Simioni (2007)

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Após a obtenção das quantidades totais de resíduos, foram calculadas as variáveis Grau do Resíduo Circulante (GRC) e Grau do Resíduo de Saída (GRS), a fim de mostrar o grau de importância do resíduo, baseado em critérios da avaliação qualitativa de impacto ambiental. O GRC considera quatro critérios: legislação, classe do resíduo, uso do resíduo no parque e problemas/riscos; e o GRS considera os mesmos critérios, porém ao invés do uso do resíduo,

utiliza o critério de destinação do resíduo. Para cada um dos critérios, são estipulados três níveis de pontuação, proposta por Gossen (2008). O Quadro 2 apresenta o detalhamento de cada critério com as suas respectivas pontuações.

Quadro 2 - Critérios utilizados nas variáveis GRC e GRS.

<b>Critério</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Pontuação</b>
<b>Legislação</b>	Boas práticas: são os requisitos estabelecidos pela organização por iniciativa própria, adotando ou não critérios estabelecidos em NBR's	1
	Requisito geral: requisito legal à nível federal, estadual ou municipal, sendo diplomas legais que não estabelecem requisitos que indiquem “o que deve ser feito”	3
	Requisito legal específico: se enquadram em: nível federal, estadual ou municipal, sendo específicos (“o que deve ser feito”); de norma técnica referenciada por algum diploma específico; ou outros requisitos subscritos em Licenças Ambientais/do Exército/da Política Federal, Termos de Ajustamento de Conduta, Programas de auto monitoramento e/ou solicitações formais do órgão competente	5
<b>Classe de resíduos</b>	Não perigosos – inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10.007 e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada (conforme NBR 10.006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspectos, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo X da NBR 10.004	1
	Não perigosos – não inertes: podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade, solubilidade em água ou não se enquadram nas classificações de resíduos classe I (perigosos) ou classe II (inertes)	3
	Perigosos: aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, oferecem risco à saúde pública e ao meio ambiente, ou uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, ou constem nos anexos A ou B da NBR 10.004	5
<b>Uso de resíduos</b>	Existe tratamento do resíduo na empresa doadora e receptora	1
	Existe tratamento na empresa receptora do resíduo	3
	Não é necessário tratamento em nenhuma das empresas	5
<b>Destinação dos resíduos</b>	Para outro parque industrial com pré-tratamento	1
	Para outro parque industrial sem pré-tratamento	3
	Aterro industrial (Classes I e II)/ Aterro sanitário	5
<b>Problemas/riscos</b>	Inexistente: quando não houver evidências, registros ou relatos de problemas ou riscos operacionais associados às práticas/procedimentos adotados no gerenciamento do resíduo em análise	1
	Eventuais/isolados: quando houver acidências, registros ou relatos isolados de problemas ou riscos operacionais associados às práticas/procedimentos adotados no gerenciamento do resíduo em análise	3
	Frequentes: quando houver evidências, registros ou relatos frequentes de problemas ou riscos operacionais associados às práticas/procedimentos adotados no gerenciamento do resíduo em análise	5

Fonte: Adaptado de Gossen (2008) e Felício (2013).

Após isto, foi construída uma matriz “par a par” pelo Método de Análise Hierárquica (AHP), utilizando os cinco critérios descritos e atribuindo valores de acordo com a escala fundamental de julgamento em grau de importância, de acordo com a metodologia proposta por Saaty (2008), como pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 - Especificação dos graus de importância para a matriz AHP.

<b>Grau de importância</b>	<b>Definição</b>
1	Igual importância: as atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Pouco mais importante: o elemento comparado é moderadamente mais importante que o outro.
5	Muito mais importante: A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro.
7	Bastante mais importante: O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática.
9	Extremamente mais importante: O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível ao seu favor.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos, utilizados quando o decisor sentir dificuldade ao escolher entre dois graus de importância subjacentes.
Utilizar as recíprocas para as comparações inversas	

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

Na matriz AHP, as posições da diagonal serão sempre 1, visto que um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Os outros elementos da matriz são comparados de maneira pareada entre si de acordo com o grau de importância. No caso de comparações inversas, isto é, na parte inferior esquerda da matriz, colocam-se os valores recíprocos aos valores da parte superior direita da mesma. A estrutura da matriz AHP está demonstrada no Quadro 4.

Quadro 4 - Matriz AHP para análise da importância dos critérios.

	Critério 1 Legislação	Critério 2 Classe do resíduo	Critério 3 Uso/destinação do resíduo no parque	Critério 4 Problemas/riscos
Critério 1 Legislação	1			
Critério 2 Classe do resíduo		1		
Critério 3 Uso/destinação do resíduo no parque			1	
Critério 4 Problemas/riscos				1

Nota: Os critérios “uso” e “destinação” dos resíduos foram considerados como um mesmo critério na matriz, pois sua importância é igual na análise dos resíduos.

Fonte: Adaptado de Felício (2013).

Com base na matriz AHP, foi obtido um peso percentual para cada critério. Assim, o GRC e o GRS foram calculados de acordo com a Equação (2), ainda para cada critério:

$$GR = \text{avaliação do critério} \times \text{peso do critério} \quad (2)$$

Onde GR corresponde ao Grau do Resíduo, a “avaliação do critério” corresponde aos valores atribuídos no Quadro 2 (1, 3 ou 5) e o “peso do critério” é referente ao percentual calculado a partir da matriz AHP.

Sendo assim, o ISI é analisado seguindo uma lógica de comparação entre os fluxos, ou seja, quanto maior for o fluxo interno e menor for o fluxo externo de resíduos, maior será o indicador e a maior parte dos resíduos gerados dentro do parque industrial estão sendo reutilizados dentro do mesmo. Por outro lado, se o fluxo externo de resíduos for alto, o nível de simbiose será menor.

Vale ressaltar que se optou por calcular o nível de SI e não a sua evolução, pelo motivo de os entrevistados obterem mais facilmente a média mensal da quantidade de resíduos do que sua evolução histórica em anos ou meses anteriores. Os resíduos considerados para este cálculo foram apenas os diretamente envolvidos no processo da madeira, que foi o foco desta pesquisa.

### 3.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados foram analisados utilizando dois tratamentos estatísticos: análise descritiva e análise multivariada. Para a primeira, utilizou-se estatísticas das médias e proporções dos dados coletados na aplicação do questionário nas visitas às empresas, com a utilização de planilhas dinâmicas no *software* Excel, construindo gráficos e tabelas que permitiram a análise de tendências.

Com relação a análise multivariada, este tratamento estatístico permite estudar a interdependência (relações de um conjunto de variáveis entre si) e a dependência (de uma ou mais variáveis em relação às demais) entre os dados (SILVA; PADOVANI, 2006). Esta análise foi realizada no *software* CANOCO, versão 4.5 (BRAAK; SMILAUER, 2002). Vale ressaltar que quatro empresas não participaram desta análise por não possuir dados suficientes das variáveis analisadas.

Para este estudo foi adotada a Análise de Componentes Principais (ACP), que é uma técnica estatística de análise multivariada e permite avaliar a importância de cada variável estudada sobre a variação total, identificando as suas similaridades e os relacionamentos entre elas (MARTINS, 2014; MOTA et al., 2014). Esta análise é a mais conhecida para a organização dos dados (SILVA, 2017) e sua ideia principal é reduzir a dimensionalidade de um conjunto pré-estabelecido de dados que possui grande número de variáveis inter-relacionadas. Jolliffe e

Cadima (2016) afirmam que isto é possível com a transformação em um outro conjunto de dados, as conhecidas componentes principais, que são ordenadas de modo que os primeiros retenham grande parte da variação presente em todas as variáveis originais.

A análise da ACP foi realizada conforme Leps e Smilauer (2003), iniciando com a análise da *Detrended Correspondence Analysis* (DCA) para a obtenção do comprimento do gradiente. No caso estudado, o comprimento foi menor que três, indicando que cada variável assumiu uma resposta linear em relação ao eixo e, portanto, recomenda-se o uso da ACP. Em contrapartida, de acordo com os mesmos autores, quando o gradiente resulta em um valor maior que três, aplica-se a Análise da Correspondência (método unimodal).

Com os resultados da análise descritiva, foram escolhidas algumas variáveis para utilizar a ACP, de modo que respondessem a seguinte questão: quais são as variáveis que estão mais associadas à Simbiose Industrial? Para responder esta questão, a ACP foi realizada considerando, para esse trabalho, dois diferentes grupos: “Baixa Simbiose Industrial (BSI)” e “Alta Simbiose Industrial (ASI)”. Estes grupos foram separados considerando o cálculo do ISI de cada empresa, e com estes resultados definiu-se o intervalo de 0 a 1000 para BSI e acima de 1000 para ASI. Assim, as seguintes variáveis respostas foram definidas:

- a) número de tipos de resíduos florestais gerados (N TIPO);
- b) volume total de resíduos gerados em toneladas por mês (VOL TOT);
- c) número de empresas que recebem os resíduos e que estão dentro do parque industrial analisado (EMP DP);
- d) número de empresas que recebem os resíduos e que estão fora do parque industrial analisado (EMP FP).

E foram definidas as seguintes variáveis explicativas:

- a) benefícios: atribuiu-se a pontuação de (1) não, (2) um pouco e (3) muito, referente a tabela de benefícios do questionário (seção II, questão 11), e com isso foi calculado a pontuação de cada empresa de acordo com as respostas, ponderando então este valor de acordo com o número de indicadores, tendo as seguintes variáveis:
  - benefícios ambientais (B. Amb): foram considerados cinco indicadores, sendo assim, dividiu-se a pontuação total de cada empresa por cinco;
  - benefícios sociais (B. Social): foram considerados doze indicadores, então dividiu-se a pontuação total de cada empresa por doze;
  - benefícios econômicos (B. Econ): foram considerados sete indicadores, então dividiu-se a pontuação total de cada empresa por sete;

- b) fatores que incentivam a SI (Inc. SI): com base na seção II, questão 7 do questionário, analisou-se quantas alternativas as empresas selecionaram referente aos fatores que representam um incentivo para realizar a cooperação entre as empresas. Assim, as empresas que responderam até 3 alternativas receberam valor (0), 4-6 (1) e 7-9 (2);
- c) fatores que limitam a SI (Lim. SI): com base na seção II, questão 8 do questionário, foram obtidas todas as alternativas que as empresas selecionaram referentes aos fatores que impedem ou limitam a existência de cooperação entre elas. Deste modo, as empresas que responderam até 2 alternativas receberam valor (0), 3 ou 4 alternativas (1) e 5 ou 6 alternativas (2).



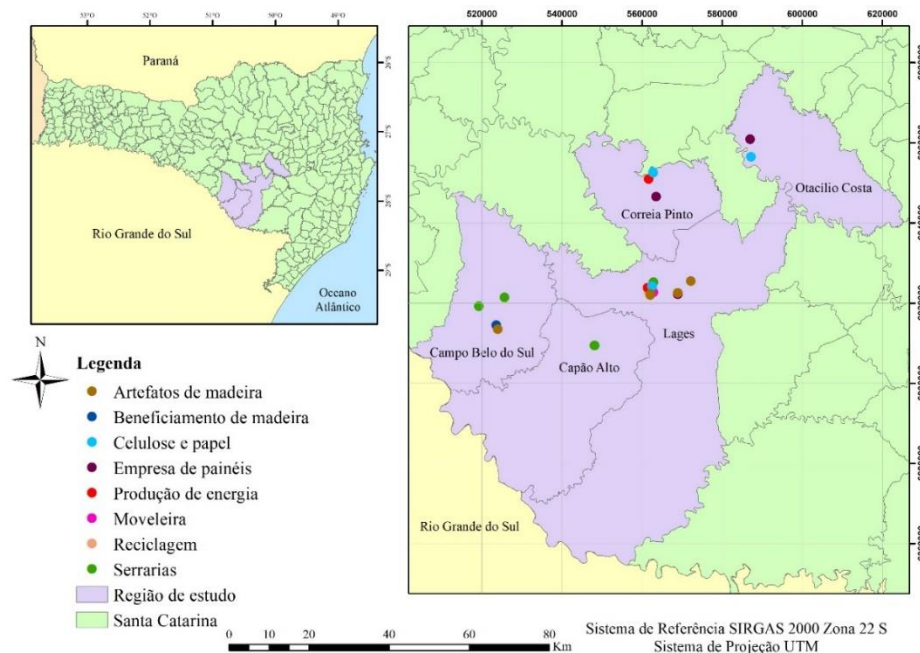
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa, considerando, na primeira parte, o diagnóstico das empresas entrevistadas e a caracterização dos resíduos gerados na região. Na segunda parte, é representada a rede de SI adotando os resultados da segunda seção do questionário e em seguida, na terceira parte, é demonstrado o cálculo do ISI, de modo a avaliar o nível de simbiose na região ao qual o complexo industrial está inserido. Na quarta parte é realizado um esquema do ESI constituído na região. E por fim, na quinta parte são discutidos os resultados da tabela presente na segunda seção do questionário, a qual aborda os benefícios ambientais, sociais e econômicos da região decorrentes das sinergias dos resíduos entre as empresas.

### 4.1 DIAGNÓSTICO DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS

A Figura 12 apresenta a localização geográfica das empresas que foram visitadas durante o estudo, com um total de 8 ramos de atividades, e um total de 24 empresas: 12 em Lages, 4 em Campo Belo do Sul, 2 em Otacílio Costa, 2 em Capão Alto e 4 em Correia Pinto.

Figura 12 – Localização geográfica das empresas visitadas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na Tabela 3 pode-se observar o número de empresas conforme a atividade produtiva principal. As empresas de serraria e artefatos de madeira foram entrevistadas em maior quantidade, visto que representam um número expressivo na região. Além disso, na tabela é possível analisar a participação percentual na pesquisa realizada, considerando o número de perguntas inteiramente respondidas, ou seja, a participação percentual de informações fornecidas por ramo de atividade.

Tabela 3 - Número de empresas conforme ramo principal de atividade.

<b>Ramo de atividade</b>	<b>Nº de empresas</b>	<b>Participação na pesquisa (%)</b>
Artefatos de madeira	6	97,47
Serraria	5	95,83
Celulose e papel	4	82,29
Painéis	3	97,22
Reciclagem	2	100,00
Produção de energia	2	100,00
Moveleira	1	95,83
Beneficiamento de madeira	1	100,00
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>-</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Pelo motivo de existir na região muitas empresas integradas verticalmente, o número de respostas referente aos ramos de atividades produtivas da empresa está disposto na Tabela 4.

Tabela 4 - Número de respostas dos ramos de atividades das empresas entrevistadas.

<b>Ramos</b>	<b>Nº de empresas</b>
Serraria	10
Artefatos de madeira	7
Operações Florestais	5
Celulose e papel	4
Produção de energia	4
Venda de madeira	4
Painéis	3
Reciclagem	2
Beneficiamento da madeira	1
Estruturais	1
Moveleira	1
Pré-cortados para móveis	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os entrevistados foram das mais variadas áreas das empresas, sendo em sua maioria gerentes (6), proprietários (2), área ambiental/florestal (4) e o restante dos entrevistados eram diretores, auxiliares, assistentes e coordenadores.

Na Tabela 5 pode-se observar o número de empresas entrevistadas, da quantidade de funcionários e da área edificada. É possível analisar que o número de empresas entrevistadas conforme o porte foi equilibrado, sendo onze empresas de menor porte (até 99 funcionários) e treze empresas de médio e grande porte.

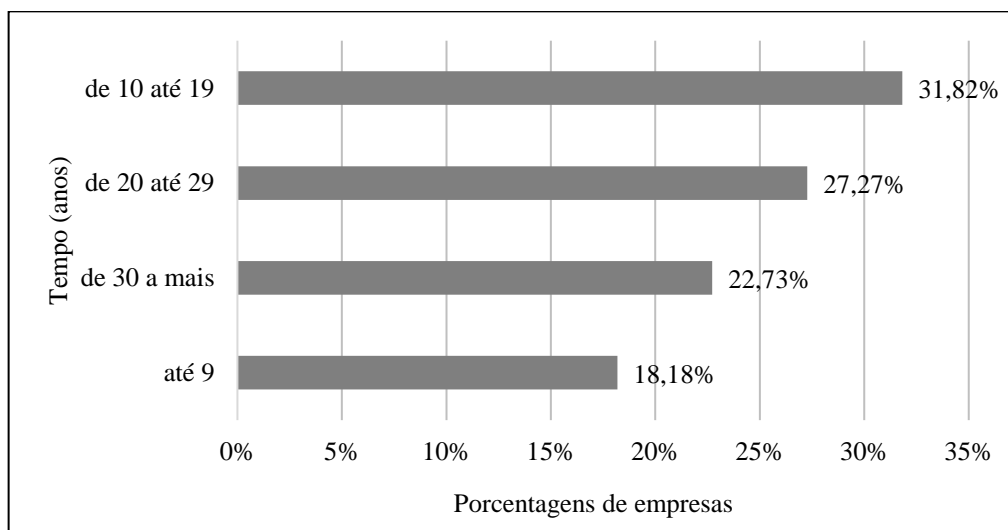
Tabela 5 - Dados das empresas entrevistadas conforme o porte.

Porte	Funcionários	Nº de empresas	Área edificada ( $\mu$ )
Microempresa	até 19	5	1.840,00
Pequena empresa	de 20 até 99	6	7.951,18
Média empresa	de 100 até 499	9	10.126,52
Grande empresa	500 ou mais	4	28.519,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A Figura 13 apresenta o tempo de atuação no mercado das empresas entrevistadas, podendo constatar que a maioria das empresas estão no mercado entre 10 e 19 anos.

Figura 13 - Tempo de atuação no mercado.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

#### 4.1.1 Caracterização dos resíduos gerados na região de Lages

A Tabela 6 apresenta as quantidades de resíduos que são utilizados internamente (no pátio da empresa, doação para funcionários ou retorno ao processo produtivo) e as quantidades

que são comercializados, podendo ser observada uma quantidade total muito maior de resíduos vendidos para outras empresas, tendo em vista oportunidades de negócios e ganho econômico com o mercado de resíduos da região. Além disso, é possível observar na tabela quais são as destinações de cada resíduo.

Tabela 6 – Quantidades e destinações dos resíduos gerados nas empresas entrevistadas da região de Lages.

Resíduo	Quantidade (t/mês)		Destinação
	Uso interno	Comercializado	
Cavaco	5.270,00	14.476,00	Energia (30,7%); Celulose e papel (34,6%); outros (29,7%)
Biomassa (geral)	2.100,00	4.500,00	Uso interno (50%); Energia (50%)
Casca	48,00	4.555,66	Reciclagem (57,1%); outros (42,9%)
Serragem	0,00	2.000,00	Energia (89,0%); outros (11%)
Cinzas	960,80	355,20	Uso interno (58,33%); aterro sanitário/industrial (25%); outros (16,67%)
Pó	900,00	55,00	Uso interno (33,33%); outros (66,67%)
Maravalha	0,00	598,62	Aviários (62,5%); outros (37,5%)
Fibra	0,00	306,00	Empresa de recuperação de áreas degradadas (100%)
Roleta de pinus	0,00	200,00	Artefatos de madeira (100%)
Destopo	7,12	1,00	Uso interno (66,67%); Artefatos de madeira (33,33%)
Pallet de madeira	0,00	5,00	Empresa de tratamento químico (100%)
Clínquer	5,00	0,00	Pavimentação asfáltica (100%)
Batoque	0,64	0,00	Uso interno (100%)
<b>TOTAL</b>	<b>9.291,56</b>	<b>27.052,48</b>	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Como é possível observar na Tabela 6, os resíduos que são gerados em maior quantidade na região de Lages são: cavaco, casca, serragem, cinzas, pó e maravalha; e por este motivo, será realizada uma breve descrição de cada um a seguir.

- a) cavaco: originado principalmente de serrarias, empresas de artefatos de madeira e empresas de painéis e é destinado, em sua maioria, para empresas de celulose e papel (quando é limpo – sem casca) ou para geração de energia (quando é sujo – com casca). Deboni (2017) afirma que o cavaco é considerado um combustível de boa qualidade, com teor de umidade médio de 55,27%, teor de cinzas de 1,67% e o poder calorífico líquido médio é de 1699,96 kcal/kg. A Figura 14 ilustra o cavaco produzido na região.

Figura 14 – Resíduo “cavaco”.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

- b) casca: provém de empresas que fazem o primeiro processamento das toras de madeira, tais como a indústria de celulose, serrarias e empresa de painéis, e é destinado em grande parte para reciclagem de resíduos florestais e para a geração de energia. Em um estudo sobre a qualidade da biomassa florestal utilizada na UCLA, Deboni (2017) conclui que este resíduo apresenta um teor de umidade médio de 53,89% e poder calorífico líquido médio de 1432,65 kcal/kg. Além disso, a autora afirma que analisar o teor de cinzas para este material, que correspondeu a 19,21%, é de extrema importância, pois na maioria das vezes apresenta altos teores de impurezas que prejudicam a geração de energia. Na Figura 15 é ilustrado o resíduo florestal de casca de pinus.

Figura 15 – Resíduo “casca”.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na região também é encontrado o resíduo conhecido como “casca suja” (Figura 16), sendo proveniente da varrição de assoalho de caminhões e limpeza do pátio do setor madeireiro, principalmente de serrarias. Este resíduo é composto por casca contendo outros materiais, como pedaços de madeira (por exemplo, galhos e tocos), terra e pedras (WAHRLICH et al., 2018). Sendo assim, existe uma empresa na região que recicla este material, obtendo três produtos: cavaco, casca limpa e composto orgânico, sendo os dois primeiros destinados para produção de energia e o último para utilizar como adubo em empresas de cultivo de alimentos.

Figura 16 - "Casca suja" proveniente de serrarias.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

- c) serragem: originado principalmente de serrarias e é geralmente destinado para geração de energia (material mais comprado pela UCLA). O teor de umidade médio é de 59,38% e o seu teor de cinzas é menor comparado com os outros tipos de materiais, correspondendo a uma média de 1,03% e o poder calorífico líquido médio é de 1519,96 kcal/kg (DEBONI, 2017). A Figura 17 ilustra a serragem produzido na região.



Figura 17 – Resíduo “serragem”.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

- d) cinzas da caldeira: provenientes da queima da madeira, que de acordo com Simioni et al. (2018), necessitam de uma destinação adequada, pois a quantidade produzida nestas empresas é bem significativa e sua disposição incorreta pode ocasionar a contaminação do solo, de recursos hídricos e a dispersão de partículas na atmosfera pode trazer malefícios à saúde (como problemas respiratórios à população). Este resíduo desempenha um papel importante na geração de energia, ficando evidente que necessita de análises de parâmetro de qualidade para controlar a biomassa adquirida e evitar problemas posteriores na operação nas caldeiras (DEBONI, 2017). Sendo assim, o teor de cinzas é um parâmetro que deve ser levado em consideração nos indicadores de eficiência para que a biomassa florestal possa ser utilizada para gerar energia (KURCHAIDT, 2014), sendo que quanto menor é este teor, melhor será a qualidade da mistura na caldeira (DEBONI, 2017). Na região de Lages, as cinzas são originadas de diversos ramos da indústria de base florestal, como moveleira, serrarias e produção de energia e são destinadas à aterros sanitário e industrial, à compostagem, uso interno na empresa (para distribuição corretiva de solo) ou para pavimentação asfáltica.
- e) pó: compreende um complexo de substâncias com variação de acordo com o tipo de árvore e sua localização geográfica. Estudos de Melo (2015) ressaltam a importância da destinação do pó de madeira para diversos usos, por meio da redução do consumo de matérias primas na fonte, recuperação do material e reutilização do resíduo. Na região de estudo, o pó de pinus (Figura 18) é proveniente do processamento da madeira, sendo gerado em empresa de móveis, de painéis e de celulose e papel e

destinada à empresa de coprocessamento de resíduos, empresa de briquetes ou uso na própria empresa geradora do resíduo.

Figura 18 - Resíduo "pó".



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

f) maravalha: também conhecido como cepilho, este resíduo (Figura 19) é gerado na região pelas plainas das instalações de serrarias, beneficiamento de madeira e também pelas beneficiadoras (empresas de artefato de madeira e moveleira). A destinação é majoritariamente para o oeste catarinense, em empresas que a utilizam para cama de aviários. Com relação às propriedades físicas e energéticas, a maravalha possui um teor de umidade de 14,79%, teor de cinzas de 0,46% e poder calorífico líquido de 3643 kcal/kg (JACINTO et al., 2017).

Figura 19 - Resíduo "maravalha".



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

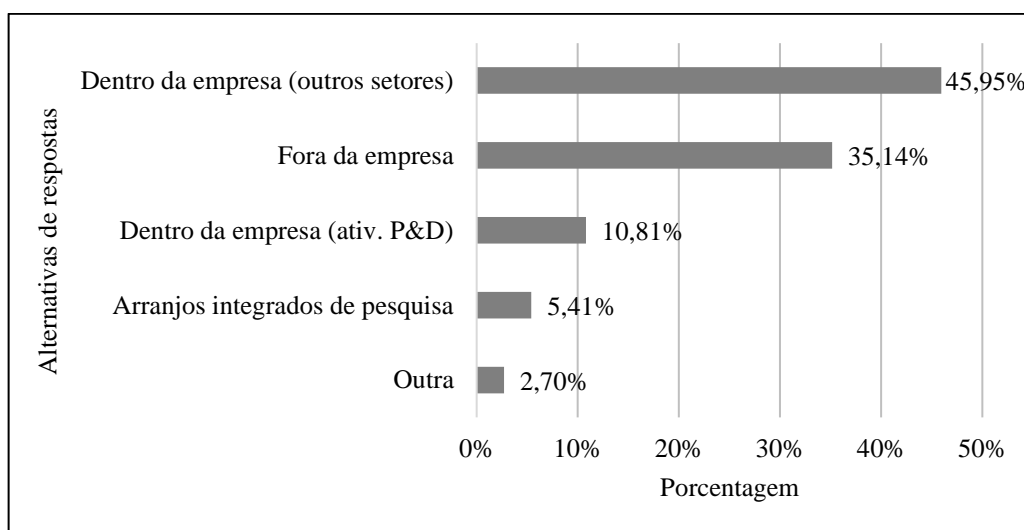


## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Nesta subseção será feita uma análise das ações e performances que ocorrem nos âmbitos intra e inter organizacional, buscando apreender as ações concretas de trocas de resíduos, subprodutos e informações com vistas ao fechamento do ciclo e conseqüentemente à redução dos impactos das atividades do complexo industrial de base florestal sobre os recursos naturais do espaço onde está inserido. Sendo assim, foi realizada uma análise de micro e meso-escala, abrangendo as perguntas contidas no questionário aplicado nas empresas.

É importante entender a origem das ideias de inovações de produtos e processos para a melhor reutilização dos subprodutos e resíduos gerados, pois permite compreender de onde está vindo um maior desenvolvimento tecnológico para o fechamento do ciclo. A Figura 20 apresenta a origem das ideias de inovações de produtos e processos, a fim de reutilizar os resíduos gerados.

Figura 20 – Origem das ideias de inovações de produtos e processos para melhor reutilizar os resíduos



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

As respostas obtidas na Figura 20 indicam que na maioria das vezes a fonte de inovações advém de dentro da empresa, porém de outros setores que não são de pesquisa e desenvolvimento (P&D), visto que muitas empresas não possuem este setor. Aproximadamente 35% das respostas foram relacionadas às ideias originarem fora da empresa, ou seja, muitas delas começam a participar deste fechamento de ciclo quando percebem uma oportunidade de

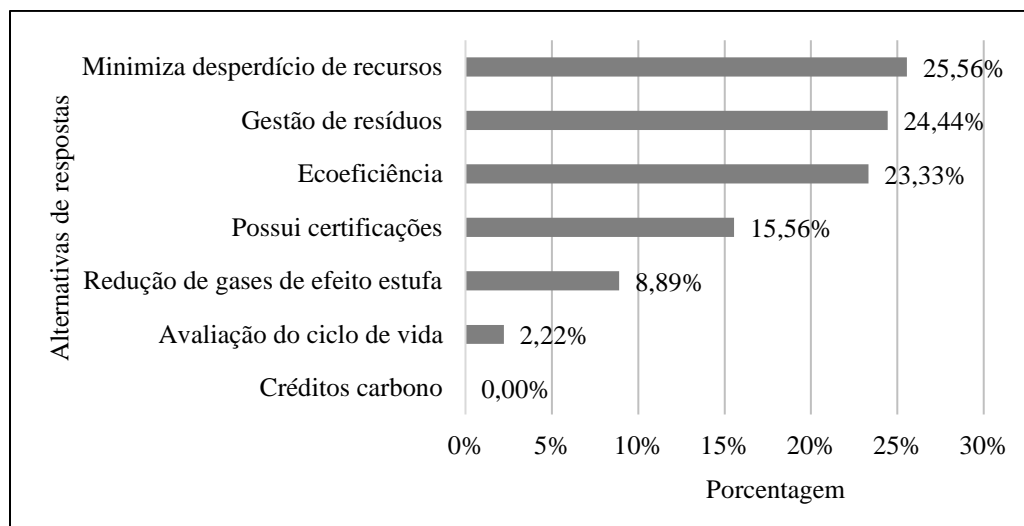
negócios nos resíduos, e a partir da geração destes por outras empresas vê-se a necessidade de inovar os processos e produtos para conseguir reutilizá-los.

Uma empresa de grande porte considerou outra resposta que não estava presente no questionário, relacionando as ideias de inovações providas de feiras, pois neste tipo de evento é possível abranger o conhecimento dos resíduos gerados e começar a pensar em seu processo produtivo com uma ideia mais simbiótica.

Portanto, considera-se uma falta de internalização do esforço para inovação via ampliação das trocas de fluxos num quadro de SI. É possível imaginar, no âmbito do complexo estudado, uma rede de inovação ou até mesmo um sistema setorial de inovação (como por exemplo composta por empresas, agências de financiamento, universidades, institutos públicos e privados de pesquisa, etc.), a fim de obter desenvolvimento de novas técnicas e produtos, explorando as sinergias e compartilhando conhecimentos inerentes ao processo de inovação industrial.

As empresas foram questionadas sobre as diversas práticas de produção sustentável e os resultados estão dispostos no gráfico da Figura 21.

Figura 21 - Práticas de produção sustentável que a empresa utiliza.



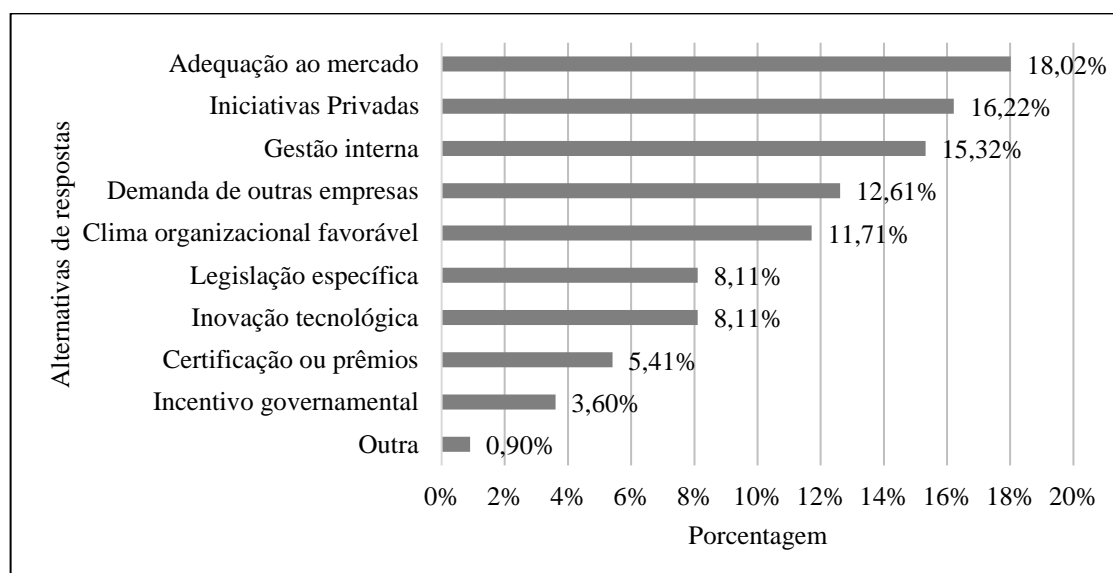
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

É possível perceber que tem ocorrido uma certa preocupação com a minimização do desperdício de recursos, gestão de resíduos e com as questões de ecoeficiência (ou seja, produzir mais com menos recursos). Outras ações parecem não ser tão relevantes, como a obtenção de certificações (que na maioria dos casos são ISO 14.001 e FSC) e a realização de avaliação de ciclo de vida dos produtos. De todas as empresas visitadas, nenhuma realiza a comercialização

de créditos de carbono no mercado internacional, porém uma empresa teve a sua última verificação de créditos de carbono em março de 2017, com redução acumulada de 2,5 milhões de toneladas de gás carbônico, possuindo a Redução Certificada de Emissões e atua constantemente na redução de gases de efeito estufa na atmosfera por meio de realizações do projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aprovado pelo Banco Mundial (ENGIE BRASIL ENERGIA, 2017).

Existem diversos fatores que possibilitam incentivar a cooperação entre as empresas, e os resultados das respostas dos entrevistados sobre este assunto estão dispostos na Figura 22.

Figura 22 - Fatores de incentivo para a cooperação/troca de resíduos e subprodutos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O maior incentivo foi a adequação ao mercado, de modo que as empresas tenham conhecimento do mercado existente na região e se adequem à utilização dos resíduos gerados na mesma. As iniciativas privadas também foram consideradas fatores facilitadores para a SI, pois a maioria das empresas são filiadas a algum sindicato ou federação industriais, que disponibilizam aos seus associados o apoio e representatividade perante o órgão público, bem como organizam a cadeia produtiva da região. Além disso, os três pilares que sustentam a SI validam a importância do acesso às informações (PEREIRA; LIMA; RUTKOWSKI, 2007), que estão centradas nestas instituições.

Nesta mesma alternativa de iniciativas privadas, considerou-se como exemplo o Programa Brasileiro de Simbiose Industrial, mas todas os entrevistados afirmaram não ter nenhum vínculo com este programa. Esta iniciativa permite identificar as oportunidades de

negócios oferecendo benefícios mútuos para as empresas envolvidas a partir do gerenciamento de resíduos com o monitoramento de empreendimentos industriais e de infraestrutura, incluindo ações de pesquisa, educação e extensão ambiental (MARQUEZ JÚNIOR, 2014).

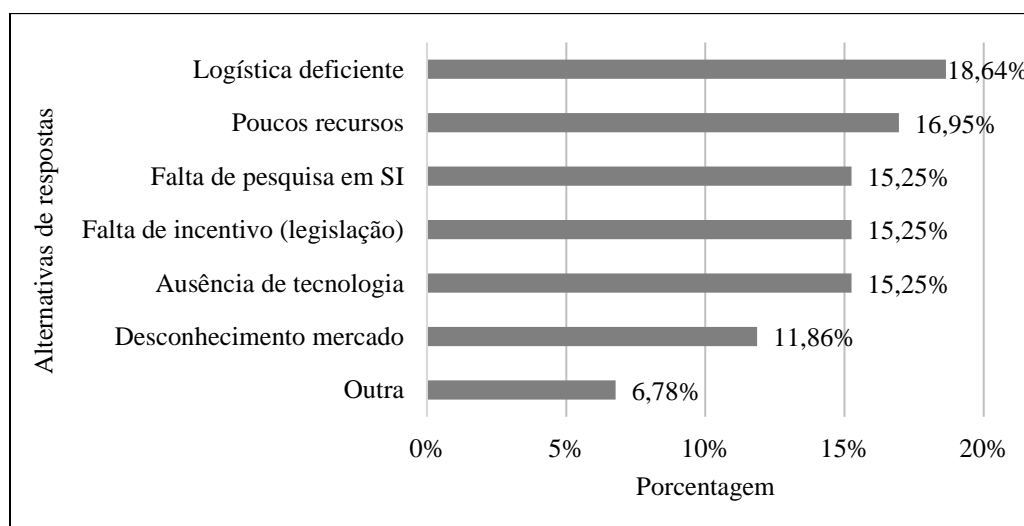
A gestão interna também foi um fator muito discutido pelas empresas como facilitador da SI, de modo que este novo modelo de gestão está sendo disseminado nas empresas e é possível observar a preocupação interna em dar uma destinação mais adequada aos resíduos gerados, muitas vezes inovando os produtos e processos, como já discutido na Figura 20.

Além disso, destacam-se também como incentivos a demanda de outras empresas e o clima organizacional favorável, sendo visto que o mercado de resíduos na região permanece muito ativo e existe uma grande demanda de empresas que necessitam dos resíduos para seu processo produtivo.

Vale ressaltar também que uma empresa visitada (ramo de reciclagem) respondeu uma alternativa diferente das pré-estabelecidas, considerando um incentivo da cooperação a possibilidade de não precisar comprar papel para o seu processo produtivo.

Assim como existem alguns fatores que possibilitam uma maior rede de sinergias, existem algumas abordagens que limitam esta existência, e os resultados da pergunta referente a esta abordagem estão apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Fatores que limitam a existência de uma maior cooperação/troca de resíduos e subprodutos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Como é possível analisar na Figura 23, a maioria das respostas delineou a abordagem de existir uma logística deficiente, afirmando duas vertentes: a logística reversa possui custos

elevados, corroborando com autores como Yanagihara e Bragagnolo (2018); e que para uma melhor logística precisaria ter melhores rodovias ou ter acesso à ferrovia nos trajetos realizados.

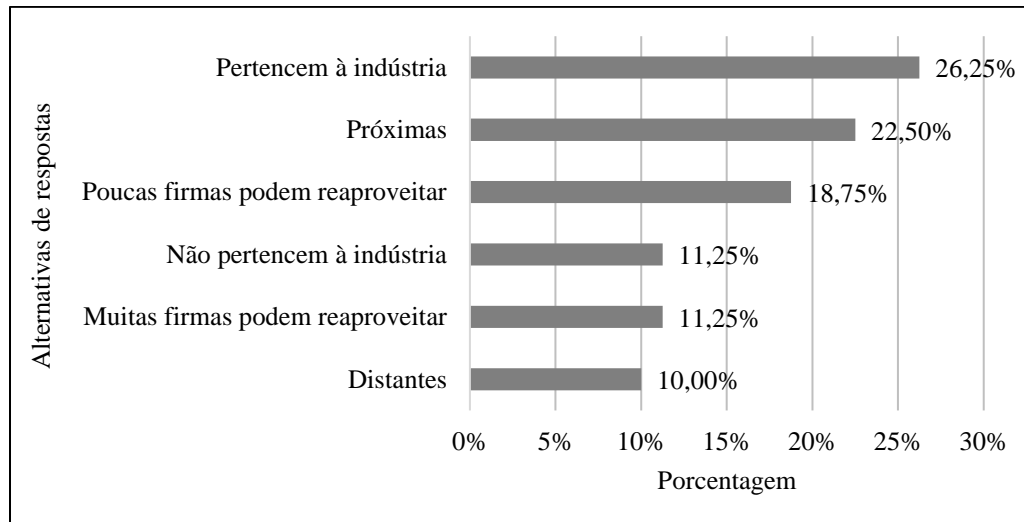
Em seguida, o assunto mais comentado como limitante de melhores sinergias foi de existir poucos recursos para investir tanto em projetos de SI quanto em uma tecnologia adequada para a melhor reutilização dos resíduos. Por este motivo, a ausência de uma tecnologia adequada também foi muito comentada (15,25% de todas as respostas assinaladas). Neste mesmo patamar de número de respostas estão as abordagens da falta de incentivo por parte da legislação e falta de pesquisa em SI, fato também visto no estudo de Mota e Abreu (2015), que pesquisaram as barreiras para a SI e constataram que as incertezas na legislação ambiental e as dificuldades para a obtenção de projetos de SI podem ser um obstáculo para eventuais sinergias. Ainda com relação à falta de incentivo da legislação, Oberlaender (2016) afirma que as políticas governamentais devem agir como facilitadoras das SI's, de forma a fornecer apoio, coordenação e infraestrutura às indústrias. Brand e Bruijn (1999) consideram que muitas vezes as políticas ambientais do governo, a confiança e a comunicação entre empresas tornam-se um obstáculo significativo para o desenvolvimento de uma potencial sinergia.

Em escala menor, o desconhecimento do mercado foi outro fator comentado, sendo destacado que algumas empresas não possuem um conhecimento global do funcionamento do complexo industrial da região, criando barreiras nas cooperações/trocas de resíduos. Além disso, quatro entrevistados responderam outras alternativas que não estavam pré-estabelecidas no questionário, abrangendo os seguintes assuntos: possuir poucas empresas na região para reaproveitar os resíduos e subprodutos; concorrência com outras empresas fornecedoras de resíduos; falta de parceiros em sua região; e falta de incentivos que traga a consciência de minimizar a quantidade de resíduos no aterro sanitário. Oberlaender (2016) encontrou resultados similares no complexo petroquímico do Rio de Janeiro, identificando as principais barreiras na região como: falta de comunicação e confiança entre os representantes das indústrias locais e regionais, carência de dados sobre os resíduos que podem ser reutilizados, baixos custos para disposição final dos mesmos, distância entre empresas e ausência de um governo representativo.

É importante que o arranjo de trocas seja de maneira concentrada no espaço, pois a proximidade geográfica facilita e estimula a SI em função de diminuir de forma proporcional os custos de armazenagem e transporte de produtos e subprodutos (PACHECO, 2013). Por outro lado, maiores distâncias fazem com que o manejo dos resíduos para reúso seja menos atrativa, sendo imprescindível que o espaço para a sua reutilização seja o mais próximo possível do ponto onde é gerado. Nesse sentido, a Figura 24 apresenta as respostas dos entrevistados

referentes à localização das empresas que podem reaproveitar os resíduos, e se os mesmos consideram que estas empresas estão em quantidade suficiente na região.

Figura 24 - Localização das empresas que podem reaproveitar os resíduos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na Figura 24 é possível observar que a maioria das empresas que podem reaproveitar os resíduos estão próximas umas das outras e pertencem ao mesmo complexo industrial. Porém, na percepção da maioria dos entrevistados são poucas as empresas que podem reaproveitar o resíduo gerado, estando restrito a poucos ramos industriais, como produção de energia e empresa de celulose e papel.

A troca de informações é um instrumento importante na SI, pois constituir uma interligação dos dados dos fluxos de resíduos, água e energia das empresas locais permitem fornecer o ponto de partida para o desenvolvimento de sinergias de recursos regionais e criar relacionamentos em torno de aspectos comerciais (MOTA; ABREU, 2015). Nesse aspecto, mesmo que ainda exista a concorrência em determinados momentos, a maioria das empresas do complexo industrial da região consideram importante se aliar umas às outras para obter vantagens coletivas que muitas vezes não seriam possíveis com ações isoladas. Na Tabela 7 estão elencados alguns assuntos importantes de serem compartilhados entre as empresas, e as respostas da percepção dos entrevistados quanto a importância desses assuntos.

A percepção geral é de que a troca de informações de assuntos sobre o manejo, troca e aproveitamento de subprodutos e resíduos é considerada a mais importante, sendo relevante esta consciência para um fechamento de ciclo e uma rede de sinergias mais efetiva. Troca de informações sobre a comercialização de produtos e sobre máquinas e equipamentos em geral também é muito debatido entre as organizações e considerado importante, assim como

analisado no estudo de Pacheco (2013). A comunicação sobre o tema da redução da emissão de gases de efeito estufa foi o menos importante de ser discutido entre as empresas, pelo motivo de a maioria das firmas entrevistadas não serem grandes emissoras de gases para a atmosfera.

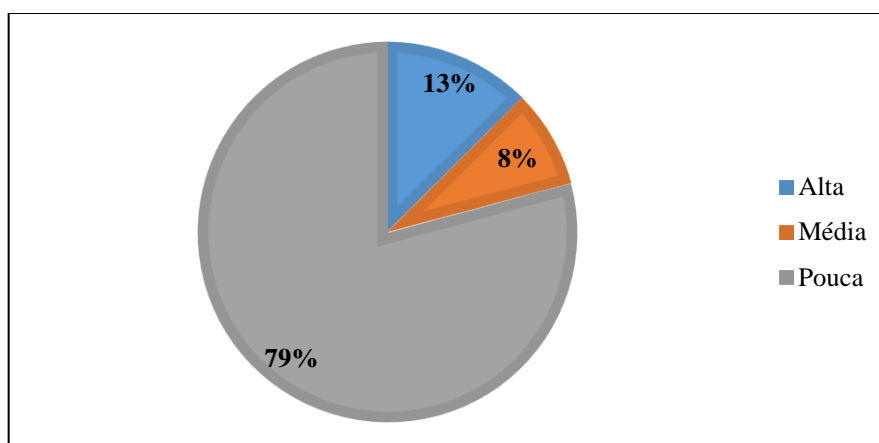
Tabela 7 - Grau de importância de determinados assuntos na comunicação entre empresas da região.

Assunto	Pouca importância	Baixa importância	Média importância	Alta importância	Muito alta importância
Manejo, troca e aproveitamento de subprodutos e resíduos	0,00%	0,00%	8,33%	45,83%	45,83%
Comercialização de produtos	0,00%	0,00%	16,67%	25,00%	58,33%
Máquinas e equipamentos em geral	4,17%	8,33%	16,67%	20,83%	50,00%
Redução de perdas de recursos	4,17%	4,17%	20,83%	29,17%	41,67%
Aquisição de insumos	4,17%	20,83%	20,83%	20,83%	33,33%
Redução de emissão de gases de efeito estufa	37,50%	16,67%	20,83%	8,33%	16,67%

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Outra questão observada foi sobre a disponibilidade de mão de obra qualificada, e as respostas dos entrevistados estão dispostas na Figura 25.

Figura 25 - Disponibilidade de mão de obra qualificada.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A maioria dos entrevistados (79%) responderam que existe pouca disponibilidade de mão de obra qualificada na região. Mesmo que na maioria dos casos não seja necessária mão de obra muito qualificada, foi discutido nas entrevistas que existe uma dificuldade de encontrar pessoas que estejam dispostas a trabalhar ou que sejam assíduas (principalmente entre os mais jovens). De maneira análoga ao estudo de Mota e Abreu (2015), os entrevistados também

responderam, em sua maioria, que buscam contratar funcionários moradores da região, pois consideram importante priorizar a mão de obra local. Além disso, quinze entrevistados forneceram a porcentagem de rotatividade de empregos, podendo constatar que na maioria dos casos (66,7%) esta rotatividade é menor que 10% ao ano, correspondendo principalmente às pequenas empresas. Por outro lado, 33,3% das respostas foi que a rotatividade é maior que 10% ao ano, quando considerada médias e grandes empresas.

O agente central deve ser aquele que aglutina ou facilita a troca entre os vários atores envolvidos no arranjo (PACHECO, 2013). Conforme já discutido, a UCLA foi instalada na região com o intuito de reutilizar os resíduos gerados pelas empresas presentes em seu entorno, estando por alguns anos como o agente central da rede de sinergias (HOFF et al., 2008). Atualmente, com a junção de alguns fatores, como o conhecimento do mercado da região, a necessidade de dispor os resíduos de maneira adequada e as diversas parcerias e acordos comerciais entre as empresas, 58,3% dos entrevistados consideraram tanto a cogeneradora de energia quanto uma empresa de celulose e papel como os elementos centrais para o fechamento do ciclo, pelo fato que ambas necessitam de uma elevada demanda de resíduos em seu processo produtivo e possuem parceria com muitas madeireiras da região.

Mesmo que a UCLA seja a única empresa que se instalou na região com o viés simbiótico, outras empresas (37,5% de todas as entrevistadas) também tiveram um certo planejamento na sua instalação, seja pela abundância de matéria-prima, pelas parcerias que poderiam ser concretizadas entre as firmas ou por existir um número expressivo de empresas do mesmo complexo industrial.

Outro questionamento foi sobre a existência de espaço para entrar novas empresas que desejam participar do complexo industrial analisado, de forma a estabelecer novas parcerias com potenciais caminhos de integração simbiótica. Como resultado, 83,3% das respostas foram positivas, afirmando algumas vezes que existem muitas oportunidades de negócios para poucas madeireiras, visto a grande quantidade de matéria-prima na região. Sendo assim, os entrevistados responderam algumas sugestões de negócios que poderiam vir para a região como oportunidades de parcerias, como: empresa de gás de síntese; fábrica de embalagem industrial; outras empresas de artefatos de madeira, painéis, serrarias e moveleiras; mais empresas para reutilizar o cavaco e a serragem, visto que existe uma quantidade expressiva de geração dos mesmos; outra empresa de reciclagem de papel; e maior quantidade de caldeiras.

Além destas considerações, foi comentado que é necessário melhorar a destinação das cinzas da caldeira para aumentar a reutilização e diminuir o uso do aterro sanitário e industrial e estudar alternativas de aproveitamento dos resíduos da colheita florestal que fica no campo.



Muitos entrevistados também consideraram importante abrir uma empresa de pellets, pois não existe na região e existiria demanda para a sua utilização.

#### 4.3 INDICADOR DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

A avaliação dos resultados encontrados com o método da matriz AHP foi realizada por meio do consenso dos entrevistados, com a estimativa dos valores da importância correspondente aos critérios analisados (legislação, classe do resíduo, uso/destinação do resíduo no parque e problemas/riscos).

No método AHP é importante verificar a consistência da coerência nas comparações elaboradas, podendo haver inconsistência quando as comparações se contradizem, então Saaty (2008) propõe calcular a Razão de Consistência (RC) dos julgamentos, sendo consistente se este valor for menor ou igual a 0,10. Na matriz representada apenas pelas medianas, a mesma resultou em inconsistente, tendo um RC de 0,26. Saaty (2008) afirma que a inconsistência deve ser pensada como um ajuste necessário para melhorar a consistência das comparações, e durante as entrevistas foi observado que muitas vezes os entrevistados tinham dúvidas ao responder as comparações desta matriz. Para tornar a matriz consistente, optou-se por modificar o valor do julgamento da comparação entre a legislação e problemas/riscos para o julgamento mais frequente (7). Assim, o RC da matriz final de julgamentos (Quadro 5) foi de 0,09, apresentando resultado consistente.

Quadro 5 - Resultado da matriz AHP.

	Critério 1 Legislação	Critério 2 Classe do resíduo	Critério 3 Uso/destinação do resíduo no parque	Critério 4 Problemas/riscos
Critério 1 Legislação	1	5	5	7
Critério 2 Classe do resíduo	1/5	1	1	3
Critério 3 Uso/destinação do resíduo no parque	1/5	1	1	7
Critério 4 Problemas/riscos	1/7	1/3	1/7	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na Tabela 8 estão dispostos os resultados dos pesos de cada critério da matriz AHP, conforme a soma parcial de cada coluna da matriz e dividindo cada uma desta pela soma total de todos os critérios.

Tabela 8 - Resultado da avaliação da matriz AHP.

	<b>Legislação</b>	<b>Classe do Resíduo</b>	<b>Uso/Destinação</b>	<b>Problemas/Riscos</b>
Somatório	1,54	7,33	7,14	18
<b>Peso</b>	<b>4,53%</b>	<b>21,55%</b>	<b>20,99%</b>	<b>52,93%</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Portanto, o critério de maior peso foi problemas/riscos com 52,93%, seguido do critério classe do resíduo com 21,55%, o critério uso/destinação com 20,99% e por último, com menor peso, a legislação com 4,53%.

Para a avaliação de cada critério (de acordo com as pontuações que estão apresentadas no Quadro 2), o critério “legislação” foi classificado como requisito geral, considerando a Lei Nº 12.305/10, a qual instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e evidencia uma destinação final ambientalmente adequada de resíduos, incluindo reutilização, compostagem, recuperação e aproveitamento energético dos mesmos (BRASIL, 2010). O critério “classe do resíduo” foi definido conforme a NBR 10.004, a qual classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). O restante dos critérios foi incluído no questionário e obtido um modal com as respostas dos entrevistados. Na Tabela 9 é apresentada a avaliação dos critérios para cada resíduo.

Tabela 9 - Resultado da avaliação de cada critério.

<b>Resíduo</b>	<b>Legislação</b>	<b>Classe</b>	<b>Uso</b>	<b>Destinação</b>	<b>Problemas/Riscos</b>
Biomassa (Geral)	3	3	5	0	1
Cinzas	3	1	5	5	1
Cavaco	3	3	5	3	1
Casca	3	3	5	0	1
Maravalha	3	3	5	3	1
Destopo	3	3	5	0	1
Serragem	3	3	5	0	1
Roleta de pinus	3	3	0	3	1
Pedra	3	1	5	0	1
Batoque	3	3	5	0	1
Pó	3	3	5	3	1
Fibra	3	3	0	3	1
Pallet de madeira	3	3	0	3	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os valores atribuídos nas Tabelas 10 e 11 foram multiplicados pela avaliação final de cada critério da matriz AHP, resultando nas variáveis de GRC e GRS para cada critério.

Tabela 10 - Valores do cálculo do GRC.

<b>Resíduo</b>	<b>Legislação (A)</b>	<b>Classe (B)</b>	<b>Uso (C)</b>	<b>Problemas/Riscos (D)</b>	<b>GRC (A+B+C+D)</b>
Biomassa (Geral)	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Cinzas	0,136	0,216	1,050	0,529	1,930
Cavaco	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Casca	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Maravalha	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Destopo	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Serragem	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Rolete de pinus	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Pedra	0,136	0,216	1,050	0,529	1,930
Batoque	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361
Pó	0,136	0,647	1,050	0,529	2,361

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Tabela 11 - Valores do cálculo do GRS.

<b>Resíduo</b>	<b>Legislação (A)</b>	<b>Classe (B)</b>	<b>Destinação (C)</b>	<b>Problemas/Riscos (D)</b>	<b>GRS (A+B+C+D)</b>
Pó	0,136	0,647	0,630	0,529	1,941
Maravalha	0,136	0,647	0,630	0,529	1,941
Cinzas	0,136	0,216	1,050	0,529	1,930
Cavaco	0,136	0,647	0,630	0,529	1,941
Fibra	0,136	0,647	0,630	0,529	1,941
Pallet de madeira	0,136	0,647	0,630	0,529	1,941
Rolete de pinus	0,136	0,647	0,630	0,529	1,941

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Por fim, foram obtidas as variáveis das quantidades de resíduos que circulam e que saem do parque industrial. Estas quantidades foram extraídas da tabela da primeira questão da Seção II do questionário, tendo como referência o ano de 2017.

A Tabela 12 apresenta os resultados destas variáveis para cada resíduo e as quantidades totais, sendo que cada uma destas foi multiplicada pelos graus de resíduos circulante e de saída, respectivamente, com o intuito de obter as variáveis QIC e QIS e compor o resultado final do indicador.

Tabela 12 - Resultados do QRC e QRS.

<b>Resíduo</b>	<b>QRC (t/mês)</b>	<b>QRS (t/mês)</b>
Biomassa (Geral)	6.600	0
Cinzas	1.093,33	222,67
Maravalha	43,00	555,6
Pó	900	55
Cavaco	19.176	570
Casca	4.603,66	0,00
Destopo	8,12	0,00
Serragem	2.000	0
Roleta de pinus	0	200
Fibra	0	270
Pallet de madeira	0	5
Batoque	0,64	0,00
Clínquer	10	0
<b>TOTAL</b>	<b>34.434,75</b>	<b>1.878,29</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Sendo assim, o QIC resultou em 80.837,40 toneladas mensais e o QIS resultou em 3.255,89 toneladas mensais. Portanto, o ISI encontrado para a região de Lages foi de 22,18. Felicio (2013) explica que este indicador não possui um valor teto, ou seja, um valor máximo de simbiose, pois é um escalar real e infinito, podendo sempre aumentar conforme aumenta o nível de simbiose. Contudo, este indicador permitiu compreender que o fluxo interno de resíduos é muito maior que o externo, ou seja, praticamente toda a quantidade de resíduos gerados no ESI está sendo reutilizada dentro do próprio parque e poucos resíduos estão saindo, considerando tanto as questões quantitativas (quantidades de resíduos) quanto qualitativas (avaliação dos critérios desenvolvidos pela autora) propostas no indicador.

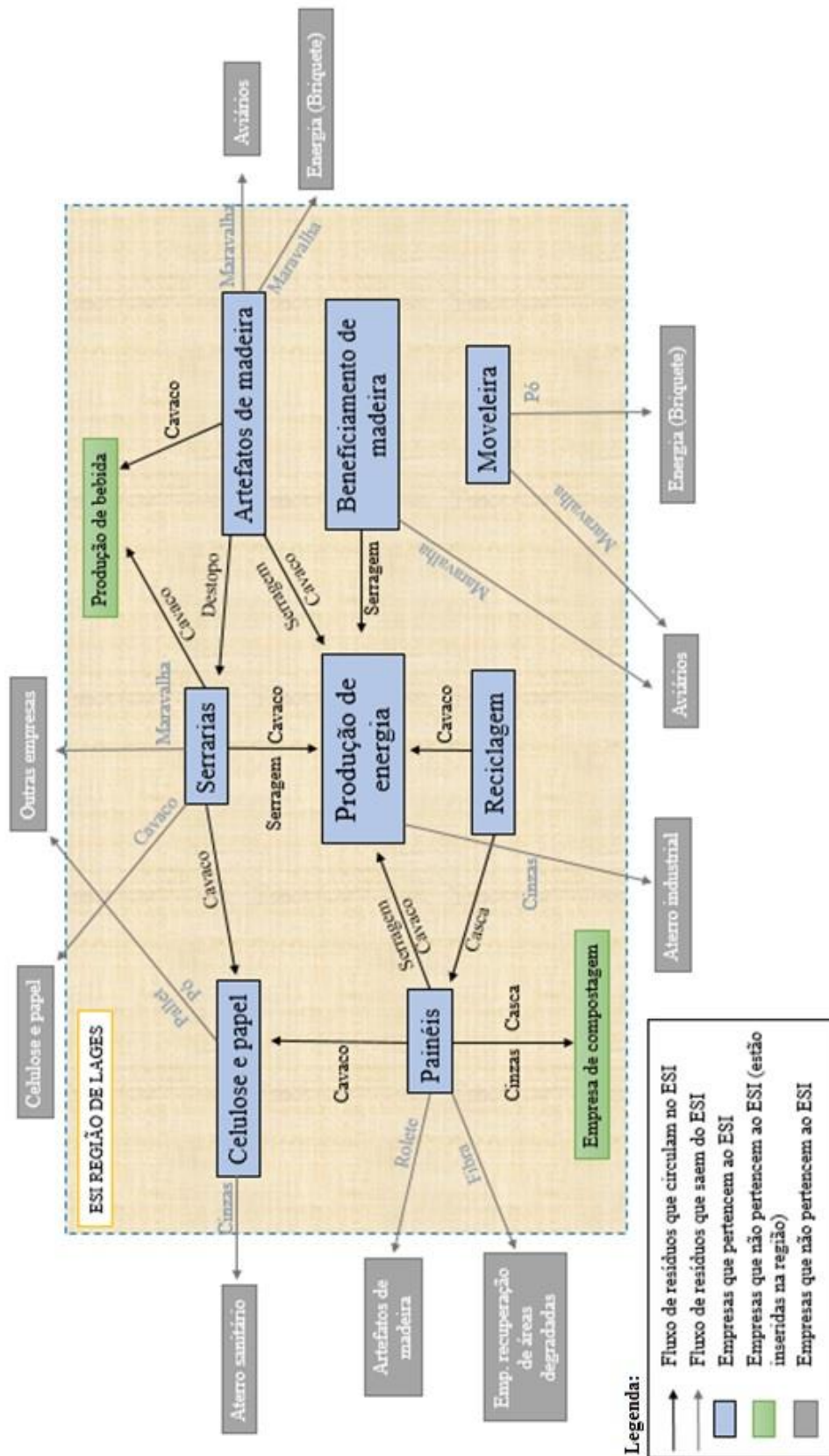
Além disso, é importante o conhecimento do valor deste indicador para tentar sempre aumentar o mesmo, com novas empresas na região que utilizem os resíduos que estão no fluxo interno ou considerar outras alternativas para os resíduos que estão sendo utilizados fora do ESI da região.

Fraga (2017) também aplicou este indicador, porém com base na evolução da SI e considerando a indústria de celulose, papel e papelão em Portugal entre os anos de 2011 e 2015 e constatou que em 2014 e 2015 foram os anos que o setor teve maior (0,73) e menor (0,35) relação simbiótica, respectivamente. É válido constatar que no trabalho do autor foi analisado apenas um ramo de atividade, e no presente trabalho foram estudados oito ramos diferentes com uma quantidade significativa de resíduos gerados, sendo assim, foi encontrado um valor muito superior do que no estudo do autor mencionado.

#### 4.4 CONSTITUIÇÃO DO ECOSSISTEMA INDUSTRIAL DA REGIÃO DE LAGES/SC

O ESI da região de Lages (Figura 26) é composto por uma gama de empresas que estão envolvidas, os resíduos comercializados e as empresas que reutilizam os mesmos como matéria-prima em seu processo produtivo. A parte interna do esquema refere-se ao complexo industrial de base florestal estudado, ao passo que existem algumas empresas que estão próximas, porém fazem parte de outros complexos. E as empresas que estão mais distantes e não pertencem ao ESI estão localizadas nas extremidades do esquema. Sendo assim, este ESI é caracterizado como uma “rede eco-industrial”, com empresas espalhadas em uma região que experimentam diversas possibilidades de cooperação.

Figura 26 - ESI da região de Lages.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

No início, este arranjo industrial ocorreu de maneira intencional com a abertura da cogeneradora de energia, como já foi explicado. Com o decorrer dos anos, foram sendo realizadas outras parcerias, com foco em reduzir custos econômicos e destinar melhor os resíduos gerados. A partir de então, empresas de outros ramos de atividade começaram a participar desta rede de sinergias, principalmente as seguintes: celulose e papel, reciclagem, moveleira, artefatos de madeira, serrarias e painéis. Os resíduos mais compartilhados são o cavaco, a casca e a serragem, que são utilizados essencialmente para produção de energia.

Considerando o que Chertow (2000) e Marquez Júnior (2014) expõem, pode-se constatar que as trocas de resíduos para reutilizar como matérias-primas nas outras empresas promovem um benefício mútuo, pois para umas é opção de destinação correta enquanto para outras corresponde à matéria-prima para geração de energia. Por isso, constatou-se evidências de oportunidades de ganhos entre os atores envolvidos na pesquisa, com compartilhamentos de estruturas físicas e prestação conjunta de serviços, fator considerado por Chertow (2008) como importante na análise de oportunidades de ganhos.

Ainda sobre o benefício mútuo, os conceitos sobre os estágios da SI estabelecidos por Chertow e Ehrenfeld (2012) permitiram afirmar que a região se adequa ao estágio 2 (“descobrimo”), com a existência de *clusters* realizando trocas para o benefício econômico mútuo, conduzindo à externalidades ambientais positivas com relação aos custos sociais. Porém, já se pode observar uma evolução para o estágio 3 (adesão e institucionalização), com uma expansão da rede intencionalmente conduzida, validando um novo ambiente e induzindo a resultados ambientais positivos. Mota e Abreu (2015) demonstraram que o complexo industrial e portuário do Pecém, no estado do Ceará, se encontra no estágio 1 de maturidade (“brotação”), ou seja, as empresas estão no primeiro e mais baixo nível de maturidade de SI, significando que este conceito ainda não tem o reconhecimento das indústrias e não existe uma forte cooperação entre as empresas, pois cada uma trabalha individualmente em seu próprio território.

Com relação à caracterização dos tipos de SI proposta por Chertow (2000), o complexo realiza a simbiose do tipo III, sendo aquela em que as empresas estão situadas em um mesmo local ou parque industrial, permitindo a existência de trocas com o intuito de obter um fluxo de materiais mais cíclico e com menos perdas. Porém, já se pode observar avanços para a simbiose do tipo IV, a exemplo da UCLA, que possibilita um pleno funcionamento de sinergias, fazendo com que as empresas de fora do sistema possam se interligar ao ciclo de materiais desde que a mesma possa ter algum resíduo que mantenha ou aprimore o sistema simbiótico. Além disso, o cálculo do ISI demonstrado neste estudo pode ser considerado um incentivo para a instalação

de novas empresas na região que aumente o nível simbiótico. O estudo de Pacheco e Hoff (2013) mostrou que o complexo sucroalcooleiro do triângulo mineiro realiza a SI tipo II, ocorrendo de forma mais centrada em reúsos e reciclagens dentro da própria firma ou complexo.

Nos termos de Shrivastava (1995), o ESI da região de Lages é considerado como “extenso”, pois foram observadas relações cooperativas com um maior número de organizações, que se estendem a níveis local e regional, alterando em grande parte o ESI analisado por Hoff et al. (2008), o qual era considerado como “simples”, com trocas envolvendo um grupo limitado de organizações geograficamente próximas à UCLA. Pode-se acrescentar que o arranjo interorganizacional observado aproxima-se muito das ideias estabelecidas pela EI, além de ser considerado como uma inovação existir uma orientação para se estruturar a cadeia produtiva com questões ambientais norteadoras do encadeamento das atividades.

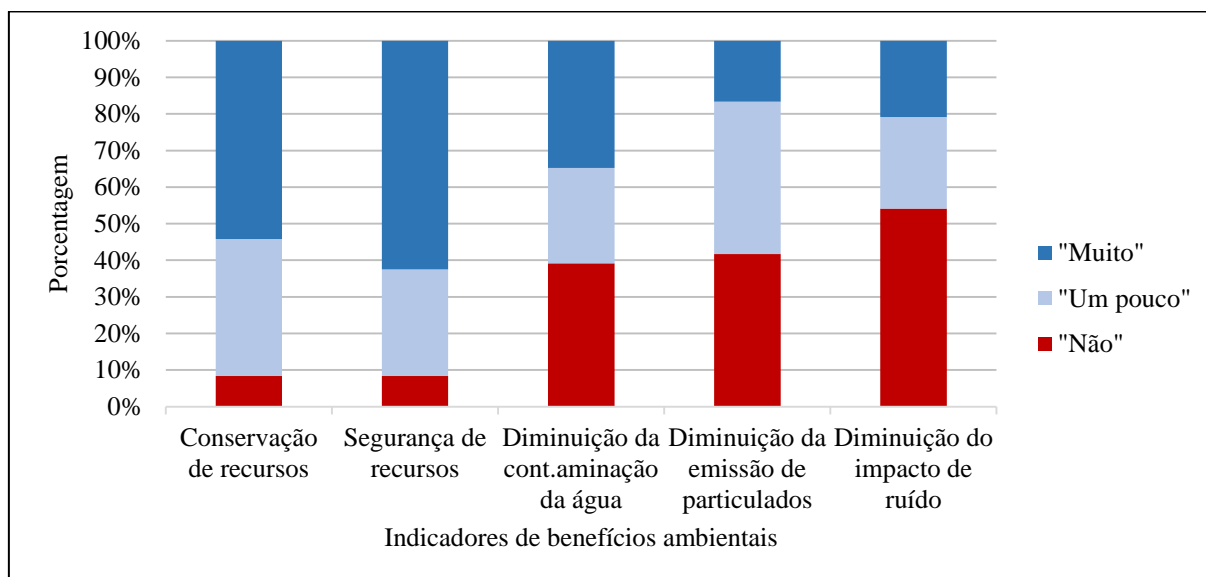
#### 4.5 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS

Como já foi visto, a rede de sinergias e a conseqüente formação do ESI fornece uma maior integração entre as empresas, oferecendo melhorias no uso dos recursos e assim, contemplando benefícios ambientais, sociais e econômicos. Desta maneira, os entrevistados também foram questionados sobre estes benefícios, de forma a considerar os fatores positivos que as sinergias de resíduos nos últimos anos proporcionaram para o meio ambiente, para a comunidade local e para a própria empresa.

Com relação aos benefícios ambientais (Figura 27), foi observado que as trocas de resíduos não possibilitaram de forma representativa a diminuição da contaminação da água, da emissão de particulados e do impacto de ruído. Em compensação, a conservação e a segurança dos recursos foram benefícios obtidos na maioria das empresas, diminuindo assim a necessidade de recursos e o peso do sistema econômico sobre o meio ambiente, fatores comentados por Lowe (2001) como benefícios potenciais da constituição de ESI's.



Figura 27 - Benefícios ambientais observados nas empresas decorrentes da SI.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Ainda com relação ao meio ambiente, foi possível verificar que muitas empresas realizaram algum tipo de inovação ambiental em seu processo produtivo nos últimos anos, considerando um pensamento simbiótico na alteração do processo para utilizar melhor os insumos, subprodutos e resíduos ou tendo uma conscientização ambiental considerando outros fatores, com o reaproveitamento de algum resíduo ou melhorias nos maquinários para diminuir a poluição ambiental. No Quadro 6 são descritas as inovações ambientais realizadas nas empresas de acordo com cada ramo de atividade.

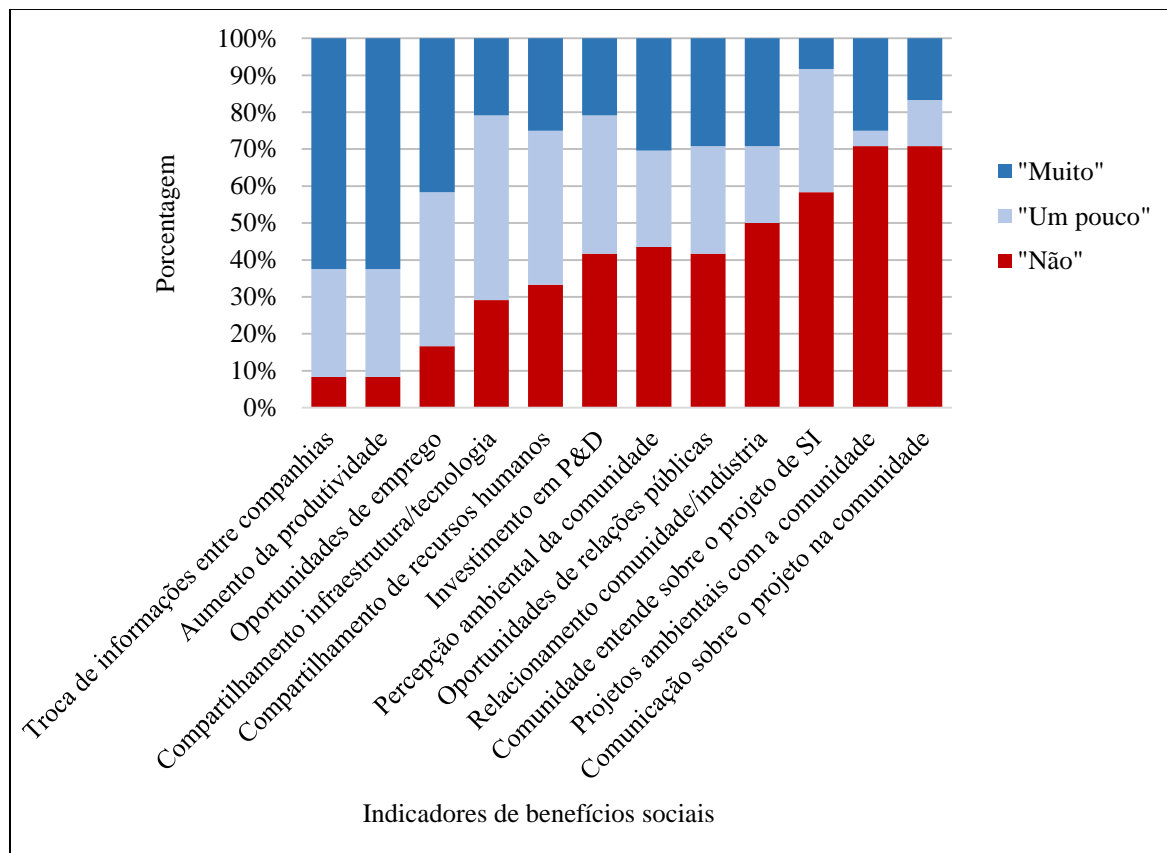
Quadro 6 - Inovações ambientais realizadas nas empresas visitadas.

Ramo de atividade	Inovações ambientais
Celulose e papel	Utilização das cinzas para produção de artefatos de cimento, projeto de melhoria do lodo, alteração do tipo de insumo nas estações de tratamento.
Artefatos de madeira	Melhor aproveitamento da estufa, nova secadora, melhorias na empilhadeira, peneira na estufa mais eficiente, filtro para redução da fuligem.
Moveleira	Ajuste na caldeira (emissão de menos poluentes).
Painéis	Reutilização da água da caldeira.
Produção de energia	Destinação de cinzas para lavoura, queima do passivo ambiental de outras empresas.
Reciclagem	Mudança de cola (utiliza menos a estufa), alteração do sistema de ar comprimido, utilização da peneira (menos água/menos efluente).
Serraria	Aquisição de estufa (utiliza mais biomassa), reúso da água, investimento em máquina para diminuir vazamento de óleo, separação de subprodutos, reúso do clínquer.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O estabelecimento de parcerias entre as empresas e também com os cidadãos locais permite incorporar os valores culturais locais nos programas de desenvolvimento econômico e gerenciamento ambiental (MORAES, 2007). Os benefícios sociais na região de Lages (Figura 28) mais comentados foram a troca de informação entre companhias e o aumento da produtividade. Além disso, constatou-se que a comunidade também é beneficiada, como com oportunidades de emprego.

Figura 28 - Benefícios sociais observados nas empresas decorrentes da SI.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

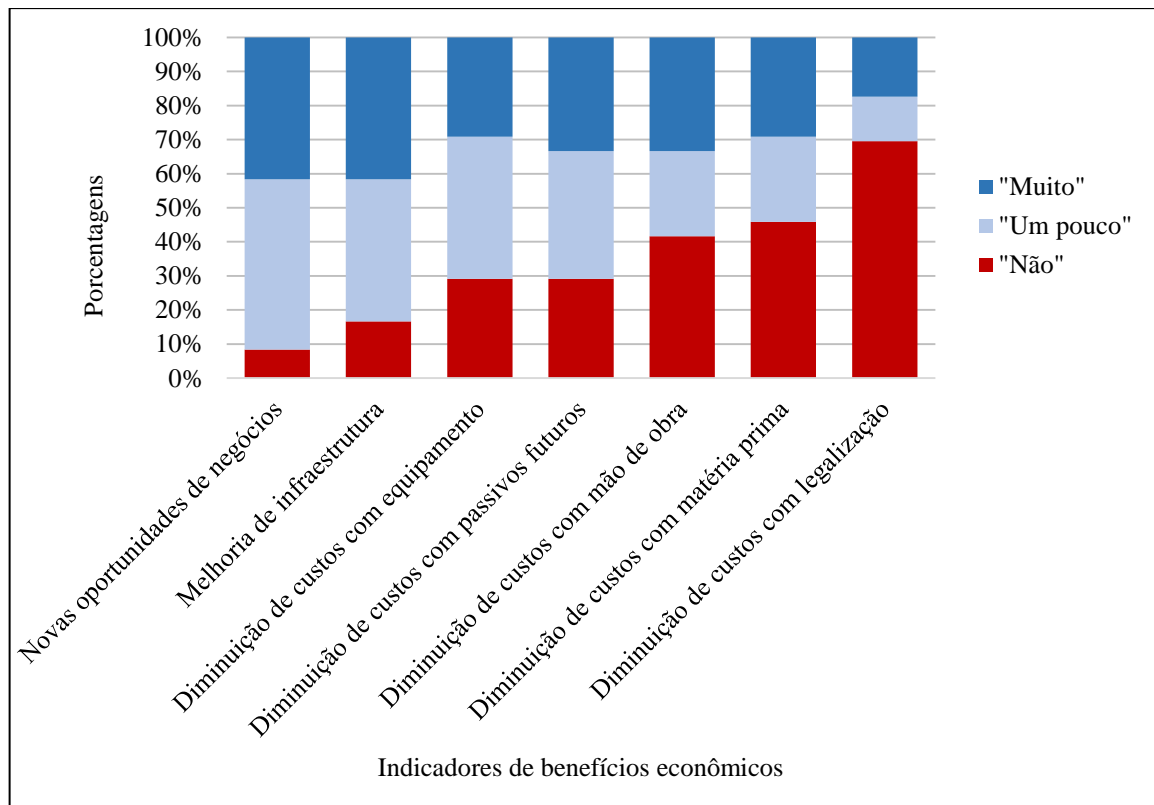
A conscientização da comunidade sobre os impactos ambientais pode ser um fator importante para iniciar o desenvolvimento de diversos projetos, como os de SI. Foi possível analisar que as empresas não possuem muita comunicação com a comunidade sobre a conscientização ambiental e sobre o desenvolvimento de projetos de SI que visam minimizar o desperdício de resíduos e melhorar a qualidade de vida da população. Sendo assim, o indicador que considera a conscientização da população como benefício decorrente das sinergias foi o menos visualizado pelos entrevistados. Por outro lado, aproximadamente 46% das empresas responderam que colaboram com o desenvolvimento local, com educação ambiental, ajuda

comunitária (doação de madeira, fabricação de casas), reforma de hospital, auxílio em escolas, revitalização de praças, contribuição com atividades de lazer, patrocínio em eventos, recuperação de nascentes e atividades na semana do meio ambiente.

Vale ressaltar que para uma melhor comunicação de projetos ambientais com a comunidade seria importante existir um setor de P&D dentro da empresa, porém aproximadamente 80% das empresas responderam não obter investimento neste setor, sendo assim, o processo de P&D está sendo fortemente limitado nas empresas. Este fator pode estar relacionado pelo mesmo motivo que Hoff e Simioni (2005) discutem em seu estudo, pois a maioria das empresas visitadas foram de desdobramento primários (serrarias), todas com infraestrutura muito semelhante (barracão e máquinas de serra antigos) e não se observa um avanço significativo na tecnologia empregada, tanto de produto quanto de processo.

Com relação aos benefícios econômicos, Mota e Abreu (2015) salientam que as ligações sinérgicas permitem trazer um resultado econômico positivo, e a viabilidade econômica pode resultar em um aumento de receitas, menores custos de produção e custos operacionais mais baixos. Na Figura 29 são dispostos os benefícios econômicos percebidos pelos entrevistados decorrentes das atividades de SI.

Figura 29 - Benefícios econômicos observados nas empresas decorrentes da SI.

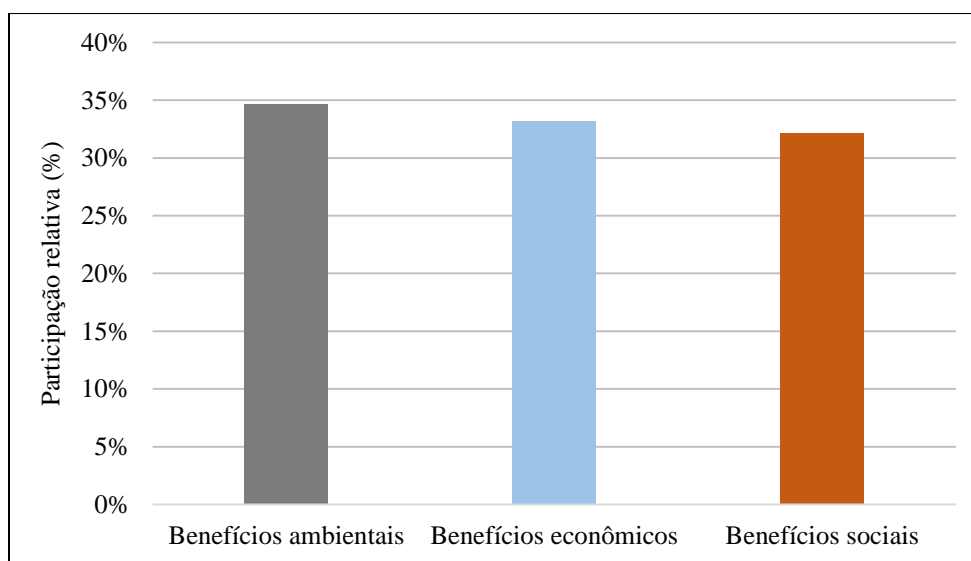


Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

As novas oportunidades de negócios na obtenção de parcerias muitas vezes com interesses diferenciados (produtos, estrutura e informação) e a melhoria na infraestrutura para melhor eficiência no uso dos recursos foram os principais benefícios econômicos citados pelas empresas. Porém, os indicadores referentes às diminuições de custos, principalmente com mão de obra, matéria-prima e legalização, foram os menos evidenciados como benefícios diretamente associados às sinergias, pois os entrevistados afirmaram que não observaram diferença nos custos decorrentes as trocas/cooperações.

Foi visto que os benefícios em cada esfera (ambiental, social e econômico) foram mensurados com um número diferente de indicadores, então para uma análise mais geral dos benefícios gerados decorrentes das atividades de SI, foi feito um resultado ponderado (Figura 30) de acordo com o número total de indicadores de cada esfera.

Figura 30 - Benefícios ambientais, sociais e econômicos decorrentes da SI.



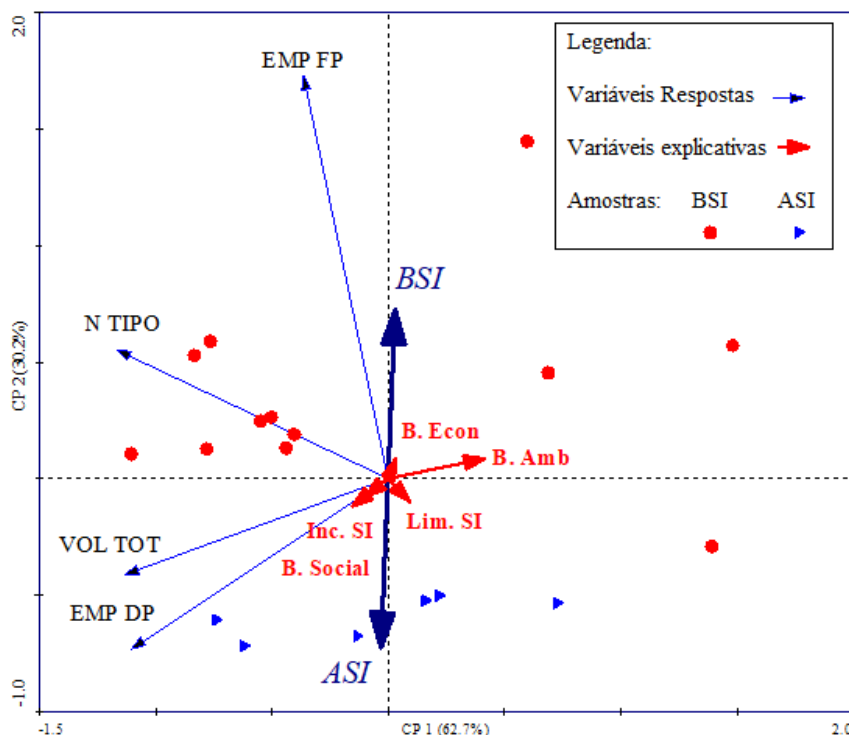
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

De maneira geral, os benefícios decorrentes da rede de sinergias foram proporcionais nas três esferas, possuindo a conscientização que a constituição do ESI está trazendo resultados positivos para a região. Porém, os benefícios ambientais foram um pouco mais visualizados (35%), indicando que as trocas de resíduos e subprodutos entre as empresas parceiras trouxeram resultados positivos para o meio ambiente. Com isto, diminui a utilização de recursos naturais e obtém um fluxo mais cíclico de resíduos, com uma minimização da disposição inadequada dos mesmos e tentando destinar em sua maioria mais próximo da empresa geradora do resíduo, ou seja, permanecendo em grande quantidade no mesmo ESI.

Os benefícios econômicos e sociais foram um pouco menos observados. Com relação aos primeiros, as novas oportunidades de parcerias foram vistas como benéficas nas empresas desde o início das relações de SI, porém os entrevistados não consideram que estas relações ocasionaram mudanças nos custos gerais das empresas. E o resultado referente aos benefícios sociais evidenciaram que, mesmo que este novo tipo de gestão acarretou em maiores trocas de informações, é necessário existir uma maior comunicação das empresas com a comunidade local (incluindo informações sobre a percepção ambiental que a empresa possui), bem como a realização de uma maior quantidade de projetos ambientais, favorecendo assim o desenvolvimento local.

Considerando diversas variáveis analisadas neste estudo, foi aplicada a ACP para entender como elas se relacionam entre si (Figura 31). Observa-se que a ACP apresentou uma clara separação entre os grupos analisados, revelando comportamentos distintos em relação à SI.

Figura 31- Relação entre as variáveis respostas e explicativas e os grupos “Baixa Simbiose Industrial” (BSI) e “Alta Simbiose Industrial” (ASI).



Nota: as variáveis respostas analisadas foram: Empresas fora do parque (EMP FP), Número de tipos de resíduos (N TIPO), Volume total de resíduos gerados em cada empresa (VOL TOT), Empresas dentro do parque (EMP DP). As variáveis explicativas foram: Benefícios sociais (B. Social), Benefícios econômicos (B. Econ), Benefícios ambientais (B. Amb), fatores que incentivam a SI (Inc. SI), fatores que limitam a SI (Lim. SI).

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

De acordo com a Figura 31, o baixo nível de SI está fortemente associado ao número de empresas que recebem estes resíduos e que estão fora do ESI e, em menor intensidade, ao número de tipos diferentes de resíduos gerados em cada empresa. Também é possível observar que as empresas que apresentaram um alto nível de SI se associam mais com as variáveis de volume total de resíduos gerados e ao número de empresas que recebem os resíduos e estão dentro do ESI. Esta relação é explicada pelo motivo de estas variáveis aumentarem o nível de SI no cálculo do ISI, visto que quanto maior o volume de resíduos destinados para as empresas da região, o fluxo interno resulta em um valor maior que o externo e conseqüentemente o indicador aumenta.

Contudo, as demais variáveis (benefícios em geral e fatores incentivadores e limitadores para ocorrer a rede de sinergias) não apresentaram tendência para nenhum dos dois grupos analisados, ou seja, tanto as empresas que realizam mais trocas quanto as que realizam menos trocas não possuem uma perspectiva diferenciada destes fatores.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar as relações de simbiose industrial entre as empresas da indústria de base florestal da região de Lages/SC, para identificar os benefícios gerados e sua contribuição para a formação de um ESI. Para isto, foi aplicado um questionário em 24 empresas da região, e então realizado um diagnóstico do perfil das mesmas, analisado como as organizações interagem formando sinergias, calculado o nível de simbiose industrial na região de estudo, caracterizado o ESI e avaliado os benefícios ambientais, sociais e econômicos considerando diversos indicadores em cada dimensão.

Quanto ao objetivo de realizar um diagnóstico das empresas entrevistadas, a maioria das empresas foram do ramo de artefatos de madeira, serraria e celulose e papel. O porte das empresas foi equilibrado, com um número muito próximo de empresas de micro e pequeno porte com as empresas de médio e grande porte, e o tempo de atuação no mercado da maioria das empresas é de 10 até 19 anos. Os resíduos gerados e que são comercializados em maior quantidade na região são o cavaco, a casca, a serragem e a maravalha; e os resíduos que são utilizados internamente em maior quantidade são as cinzas e o pó.

Quanto ao objetivo de analisar como as organizações interagem formando sinergias, foi realizada uma análise das ações concretas de trocas de resíduos, subprodutos e informações que ocorrem entre as empresas ou dentro das mesmas. Constatou-se por meio desta análise que as organizações que participam do complexo industrial de base florestal observado estabelecem relações de trocas, sendo um assunto cada vez mais presente nas empresas. É de dentro das mesmas (via setores diversos) que surgem as ideias para inovar os produtos e processos, visando uma minimização do desperdício de recursos, gestão de resíduos e ecoeficiência. O maior incentivo para as empresas cooperarem entre si é a adequação ao mercado, iniciativas privadas e gestão interna, e o que limita esta cooperação é a logística deficiente e poucos recursos para investir em projetos de SI e tecnologia mais adequada para melhor utilização de resíduos e subprodutos.

As empresas que realizam trocas em sua maioria estão próximas umas das outras e pertencem ao mesmo complexo industrial, porém foi constatado que os entrevistados consideraram que seria necessário existir uma maior quantidade de empresas para reaproveitar os resíduos gerados, estando restrito a poucos ramos industriais, como produção de energia e empresa de celulose e papel. A troca de informações também é importante para um maior fechamento do ciclo, e os entrevistados acreditam que os assuntos mais importantes de se

compartilhar entre as organizações são: manejo, troca e aproveitamento de resíduos e subprodutos; e a comercialização de produtos, maquinários e equipamentos em geral.

Quanto ao terceiro objetivo específico, o ISI calculado para indicar o nível de SI no complexo analisado resultou em 22,18. Mesmo que não possua um valor teto para este indicador, é importante conhecer o nível de SI da região para estimular o seu aumento, seja com a entrada de novas empresas que aumente o fluxo interno de resíduos, ou pela busca de alternativas de destinações mais próximas para os resíduos que estão sendo reutilizados fora do ESI da região.

Em decorrência da formação desta rede de SI, caracterizou-se o ESI da região, sendo o quarto objetivo específico. O complexo industrial se adequa no estágio 2 de SI, com trocas para benefício econômico mútuo. Porém, se pode observar uma evolução para o estágio 3, onde a expansão da rede é intencionalmente conduzida. De maneira similar, o SI foi analisado como sendo do tipo III (permitindo a existência de trocas com o intuito de obter um fluxo de materiais mais cíclico e com menos perdas) com indícios de avanços para o tipo IV (pleno funcionamento de sinergias). Neste contexto, o ESI da região é considerado como “extenso”, pois foram observadas relações cooperativas com organizações que se estendem a níveis local e regional.

A respeito do quinto objetivo específico, constatou-se que o ESI gera benefícios econômicos, ambientais e sociais, quase que na mesma proporção. As sinergias presentes na região permitiram obter um pouco mais de resultados positivos para o meio ambiente do que no âmbito social e econômico, principalmente com relação à conservação e segurança dos recursos. Ou seja, o fechamento do ciclo acarretou em diversas mudanças ambientais positivas, diminuindo o uso de recursos naturais e minimizando a disposição inadequada dos resíduos. Já os benefícios econômicos foram decorrentes principalmente de novas parcerias e os benefícios sociais mais comentados foram sobre o aumento da cooperação nas trocas de informações e aumento da produtividade.

Os resultados da ACP possibilitaram validar diversas constatações realizadas ao longo do estudo, com a análise da relação entre as variáveis. Sendo assim, as empresas que estão menos envolvidas na rede de sinergias possuem uma maior associação com as destinações dos resíduos para fora do parque e à variedade de resíduos gerados pelas empresas, e as que realizam mais SI estão fortemente associadas com as destinações dos resíduos dentro do ESI e com o volume total de resíduos gerados em cada empresa.

Por fim, considera-se que a análise da SI e conseqüente formação do ESI do complexo industrial de base florestal da região de Lages, com base na metodologia proposta, pode melhorar o setor em questão. Além do pensamento econômico muito presente nas empresas, já



se pode observar uma conscientização social e ambiental, sendo necessário a continuação de estudos desta natureza. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a análise da evolução da simbiose industrial do setor, de modo a obter uma base de dados do indicador na região; e o estudo do diagnóstico dos fluxos de matéria e energia, constituindo uma economia circular.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (ano base 2015)**. Lages, 2016. 108 p.

ANDREWS, C. J. Putting Industrial Ecology into place – evolving roles for planners. **Journal of the American Planning Association**, [S.I.], v. 65, n. 4. 1999.

BAAS, L. W.; BOONS, F. A. An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems. **Journal of Cleaner Production**, Roterdão, v. 12, n. 8-10, p. 1073–1085, out./dez., 2004.

BONDUELLE, A.; YAMAJI, F.; BORGES, C. C. Resíduo de Pinus: Uma fonte para novos produtos. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. esp., n. 2, p. 156-158, dez. 2002.

BRAAK, C. J. F. T.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)**. Ithaca: Microcomputer Power, 2002.

BRAND, E.; BRUIJN, T. de. Shared responsibility at the regional level: the building of sustainable industrial estates. **European Environment**, [S.I.], v. 9, p. 221-232, dez., 1999.

BRAND, M. A. et al. **Caracterização da produção e uso dos resíduos madeiráveis gerados na indústria de base florestal da região serrana catarinense**. Relatório de Pesquisa, Lages: UNIPLAC, dez. 2001.

BRAND, M. A. et al. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 247-259, jul. 2002.

BRAND, M. A. et al. Avaliação do processo produtivo de uma indústria de manufatura de painéis por meio do balanço de material e do rendimento da matéria-prima. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 553-562, ago. 2004.

BRAND, M. A.; NEVES, M. D. **Levantamento da disponibilidade dos resíduos industriais e florestais de madeira e avaliação da variação de sua qualidade energética**

**em função das condições climáticas anuais, na região de Lages – Santa Catarina.**  
Relatório de Pesquisa, Lages: UNIPLAC e Tractebel Energia, jul. 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Brasília. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 19 abr. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos:** Projeto PNUD BRA 00/20: Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. Curitiba, PR. 2009. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033501.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf)> Acesso em: 20 mar. 2018.

CASTRO, A. M. G. de; LIMA, S. M. V.; SILVA, J. F. V. **Complexo agroindustrial de biodiesel no Brasil:** competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2010. 712 p.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual Review of Environment and Resource**, New Haven, v. 25, n. 1, p. 313-337, nov. 2000.

CHERTOW, M. R. “Uncovering” industrial symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, New Haven, v. 11, n. 1, p. 11-30, out. 2008.

CHERTOW, M. R. EHRENFELD, J. Organizing Self-Organizing Systems - Toward a Theory of Industrial Symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, New Haven, v. 16, n. 1, mar. 2012.

CHERTOW, M. R.; LOMBARDI, R. Quantifying Economic and Environmental Benefits of Co-Located Firms. **Environmental Science & Technology**, New Haven, v. 39, n. 17, p. 6535-6541, jul. 2005.

CORONEL, D. A. et al. O aproveitamento dos resíduos do setor florestal de Lages - Santa Catarina. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2007, p. 1-15.

CÔTÉ, R. P.; ROSENTHAL, E. C. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. **Journal of Cleaner Production**, Nova Scotia, v. 6, set. 1998.

DANTAS, A.; KERTSNETZKY, J.; PROCHNIK, V. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 15-24.

DESPEISSE, M., et al. Industrial Ecology at Factory Level: A conceptual model. **Journal of Cleaner Production**, Cranfield, v. 31, p. 30-39, fev. 2012.

DEBONI, T. L. **Qualidade da biomassa florestal utilizada para geração de energia por uma unidade cogeneradora em Lages-SC**. 2017. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)–Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

EHRENFELD, J.; GERTLER, N. Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. **Journal of industrial Ecology**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 67-79, jan. 1997.

ENGIE BRASIL ENERGIA. **Relatório de sustentabilidade**, Florianópolis, 2017.

ERKMAN, S.; FRANCIS, C.; RAMASWAMY, R. **Ecologia industrial: uma agenda para a evolução no longo prazo do sistema industrial**. Cadernos de Proposições para o Século XXI 12, São Paulo, Instituto Pólis, 88 p., 2005.

FELICIO, M. A. **Proposta de um indicador para monitorar a evolução da simbiose industrial em parques eco-industriais segundo a perspectiva de sistemas dinâmicos**. 2013. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FISCHER, A. O fomento na indústria de base florestal. **Informe Gepec**, Joaçaba, v. 13, n. 2, p. 6-19, dez. 2009.

FRAGA, M. A. C. H. de. C. **A economia circular na indústria portuguesa de pasta, papel e cartão**. 2017. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial)–Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2017.

FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for manufacturing. **Scientific American**. September. 1989.

GARNER, A.; KEOLEIAN, G. A. **Industrial ecology: a introduction**. National Pollution Prevention Center for Higher Education, 1995.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações.** São Paulo: editora Edgard Blucher LTDA, 2006.

GOSSEN, M. A. Programa de gerenciamento de resíduos sólidos industriais: proposta de um procedimento de aplicação. **Ver. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 149-167, abr./jun., 2008.

GRAEDEL, T. E. **Industrial ecology: definition and implementation.** Industrial Ecology and Global Change. Cambridge University Press, Cambridge, p. 23-41, 1994.

GUO, B; MAO, H; WANG, T. Ecological Industry: a sustainable economy developing pattern. **Journal of Sustainable Development**, Dalian, v. 3, n. 3, p. 239-242, set., 2010.

HILLIG, E. et al. Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 2006, p. 1-7.

HOFF, D. N.; SIMIONI, F. J. **O setor de base florestal na serra catarinense.** Lages: Editora Uniplac, 2005. 268 p.

HOFF, D. N. et al. O setor de base florestal da Serra Catarinense e a emergência de um ecossistema industrial. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 2, p. 54-72, jan., abr., 2008.

HOFF, D. N.; SIMIONI, F. J.; BRAND, M. A. Análise da competitividade da indústria de base florestal da região de Lages, SC. **Ensaio FEE**, v. 27, n. 1, p. 109-134, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**, Rio de Janeiro, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2016.** Brasília: IBÁ, 2017. 80 p.

JACINTO, R. C. et al. Utilização de resíduos da cadeia produtiva do pinhão para a produção de pellets para geração de energia. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 353-363, jul./set., 2017.

JACOBSEN, N. B. Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. **Journal of Industrial Ecology**, New Haven, v. 10, n. 1-2, jan., 2006.

JELINSKI, L. W. et al. Industrial ecology: Concepts and approaches. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, Nova Iorque, v. 89, n. 3, p. 793-797, fev., 1992.

JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Phil. Trans. R. Soc. A**, [S.I.], v. 374, n. 2065, p. 20150202, mar., 2016.

KORHONEN, J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. **Journal of Cleaner Production**, Joensuu, v. 9, p. 253-259, jun., 2001.

KOZAK, P. A. et al. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 203-212, abr., jun., 2008.

KURCHAIDT, S. Z. **Potencial energético da biomassa de pinus e misturas para a indústria de papel**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

KURUP, B.; STEHLIK, D. Towards a model to assess the sustainability implications of industrial symbiosis in eco-industrial parks. **Progress in Industrial Ecology, an International Journal**, Austrália, v. 6, n. 2, p. 103-119, 2009.

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. Industrial Ecology: goals and definitions. **A handbook of industrial ecology**, p. 3-15, 2002.

LOMBARDI, D. R.; LAYBOURN, P. Redefining industrial symbiosis: crossing academic-practitioner boundaries. **Journal of Industrial Ecology**, [S.I.], v. 16, p. 28-37, fev., 2012.

LEPS, J.; SMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO**. Cambridge university press, 2003.

LOWE, E. Eco-industrial park handbook for Asian developing countries. **Report to Asian Development Bank**, 2001.

MACLACHLAN, I. HORSLEY, J. New Town in the Bush: Planning Knowledge Transfer and the Design of Kwinana, Western Australia. **Journal of Planning History**, Lethbridge, v. 14, n. 2, p. 112-134, maio 2015.

MANTESE, G. C.; AMARAL, D. C. Comparison of industrial symbiosis indicators through agent-based modeling. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 140, p. 1652-1671, set. 2016.

MARQUEZ JÚNIOR, R. O. P. **O macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais**: proposição de estrutura analítica e aplicação para o caso brasileiro. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado em Economia)-Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2014.

MARTINS, D. L. Uso de análise multivariada para mapeamento do perfil de internacionalização das universidades federais brasileiras: um estudo exploratório a partir de dados disponíveis na base Web of Science. **Revista da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da UFRGS**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 61 – 62, 2014.

MELO, J. M. **Caracterização de compósito produzido com diferentes frações de pó de madeira e polietileno de alta densidade**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais)-Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2015.

MORAES, L. R. **Implantação de Parques Eco-Industriais (EIPs) como Indutor do Desenvolvimento Sustentável: Análise do Potencial da Região Metropolitana de Curitiba**. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia)-Universidade Federal do Paraná, 2007.

MORVAN, Y. **Fondements d'économie industrielle**. Paris: Economica, 1988.

MOTA, R. C.; ABREU, M. C. S. de. Simbiose industrial no complexo industrial e portuário do Pecém: explorando elementos determinantes e barreiras. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTÃO DA TECNOLOGIA, 16., 2015, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ALTEC, 2015.

MOTTA, J. P. S. P. da; CARIJÓ, R. S. **Simbiose industrial**: um estudo de caso para uma indústria de cosméticos no município do Rio de Janeiro. Projeto de Graduação - UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2013.

MOTA, R. R. et al. Análise multivariada de características do crescimento para bovinos simental ajustando-se modelos de posto reduzido por meio de componentes principais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 5., ENCONTRO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DA UFV, 9., 2014, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2014.

OBERLAENDER, R. G. **Análise de desenvolvimento de sistemas de simbiose industrial**: proposta de implementação a partir do complexo petroquímico do Rio de Janeiro



(COMPERJ). 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2016.

PACHECO, J. M. **Ecosistemas industriais**: proposição de estrutura analítica e avaliação do complexo sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro. 2013. 211 f. Dissertação (Mestrado em Economia)–Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Economia, Uberlândia, 2013.

PACHECO, J. M.; HOFF, D. N. Fechamento de Ciclo de Matéria e Energia no Setor Sucroalcooleiro. **Sustentabilidade em debate**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 215-236, nov., 2013.

PAIXÃO, C. P. S.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Produção e destinação dos resíduos gerados em serrarias no município de Rolim de Moura – RO. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rondônia, v. 3, n. 1, p. 47-56, 2014.

PEREIRA, A. S.; LIMA, J. C. F.; RUTKOWSKI, E. W. **Ecologia industrial, produção e meio ambiente**: uma discussão sobre as abordagens de inter-conectividade produtiva. 1st. International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2007.

RECH, C. Estudo sugere uso de serragem como insumo. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 66, p. 30-34, 2002.

ROBERTS, B. H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study. **Journal of Cleaner Production**, Camberra, v. 12, out./dez. 2004.

SAATY, T. L. The analytic network process. **Iranian Journal of Operations Research**, Pittsburgh, v. 1, n. 1, p. 1-27, 2008.

SALMERON, A. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia. **Série Técnica IPEF**, v. 1, n. 2, p. B1-B12, 1980.

SANTIAGO, F. L. S.; REZENDE, M. A. de. Aproveitamento de resíduos florestais de Eucalyptus spp na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 29, n.4, p. 241-253, out./dez. 2014.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Anuário do Trabalho nos Pequenos Negócios 2015**. 8 ed. 528 p. Brasília, DF: DIEESE, 2017.

SHI, L.; CHERTOW, M. R. Organizational Boundary Change in Industrial Symbiosis: Revisiting the Guitang Group in China. **Sustainability**, Nova Haven, v. 9, n. 1085, p. 1-19, jun., 2017.

SHORT, S. W. et al. From Refining Sugar to Growing Tomatoes. **Journal of Industrial Ecology**, Nova Haven, v. 18, n. 5, p. 603-618, out., 2014.

SHRIVASTAVA, P. Ecocentric management for a risk society. **The Academy of Management Review**, Nova Iorque, v. 20, n. 4, p. 118-137, jan., 1995.

SILVA, V. N. L. **Modelagem de dados climáticos e socioeconômicos em municípios do estado de Pernambuco utilizando Análise de Componentes Principais (ACP)**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento em Processos Ambientais)-Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, N. R. da; PADOVANI, C. R. **Utilização de componentes principais em experimentação agrônômica**. Energia na Agricultura Botucatu, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 98-113, 2006.

SIMIONI, F. J. **Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no planalto sul de Santa Catarina**. 2007. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SIMIONI, F. J.; HOEFLICH, V. A. Abordagens teóricas para análise do agronegócio. In: BINOTTO, E. **Tecnologia e processos agroindustriais**. Passo Fundo: Editora UPF, 2007. p. 17-43.

SIMIONI, F. J. et al. Reflexões a respeito do conceito de cadeia produtiva no agronegócio florestal. In: BINOTTO, E. **Tecnologia e processos agroindustriais**. Passo Fundo: Editora UPF, 2007. p. 97-116.

SIMIONI, F. J. et al. Cadeia produtiva de energia de biomassa florestal: o caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva – SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 310-323, jan./mar., 2018.

SIMIONI, F. J.; HOEFLICH, V. A. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, p. 1091-1099, ago., 2010.

TREVISAN, M. et al. Ecologia industrial, simbiose industrial e ecoparque industrial: conhecer para aplicar. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 11, n. 2, p. 204-215, 2016.

VAN BEERS, D. et al. Industrial Symbiosis in the Australian Minerals Industry. **Journal of Industrial Ecology**, Nova Haven, v. 11, n. 1, p. 55-72, jan., 2007.

VAN BEERS, D.; BOSSILKOV, A.; LUND, C. Development of large scale reuses of inorganic by-products in Australia: The case study of Kwinana, Western Australia. **Resources, Conservation and Recycling**, Perth, v. 53, p. 365-378, abr. 2009.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A. Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 7, p. 653-661, dez. 2008.

VOLPATO, G. L. O método lógico para redação científica. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 2015.

WAHRLICH, J. et al. Reciclagem de resíduos na indústria de base florestal: o caso do aproveitamento da “casca suja”. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 1., 2018, Lages. **Anais... Lages: CAV/UEDESC 2018**. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/siga/80712-RECICLAGEM-DE-RESIDUOS-NA-INDUSTRIA-DE-BASE-FLORESTAL--O-CASO-DO-APROVEITAMENTO-DA-CASCA-SUJA>> Acesso em: 10 mai. 2018.

YANAGIHARA, D.; BRAGAGNOLO, C. Custo-Benefício da Logística Reversa de Embalagens Vazias de Agroquímicos no Brasil. **Revista Pecege**, Piracicaba, v. 4, n. 2, p. 16-24, abr. 2018.

ZHU, L. et al. A method for controlling enterprises access to an ecoindustrial park. **Science of the Total Environment**, Jinan, v. 408, p. 4817-4825, jul. 2010.

ZHU, Q. et al. Industrial symbiosis in China: a case study of the Guitang Group. **Journal of Industrial Ecology**, Cambridge, v. 11, n. 1, p. 31-42, jan. 2007.

ZHU, Q.; CÔTÉ, R. P. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group. **Journal of Cleaner Production**, Dalian, v. 12, p. 1025-1035, 2004.



**APÊNDICE A – Questionário aplicado nas empresas na região de Lages/SC****Seção I – Diagnóstico/características da empresa**

- 1) Nome da empresa: \_\_\_\_\_.
- 2) Ramo da atividade da empresa - Produto principal: \_\_\_\_\_.
- ( ) Operações florestais (silvicultura, colheita e reflorestamento)
  - ( ) Serraria
  - ( ) Empresa de celulose e papel
  - ( ) Produtos de madeira de engenharia (estruturais)
  - ( ) Produtos de madeira de engenharia (não-estruturais)
  - ( ) Moveleira
  - ( ) Produtos sem origem na madeira
  - ( ) Reciclagem
  - ( ) Produção de energia
  - ( ) Consumidoras (alimentos, bebida)
  - ( ) Fábrica de painéis
  - ( ) Fábrica de artefatos de madeira
  - ( ) Fábrica de esquadrias
  - ( ) Empresa de tratamento de madeira
  - ( ) Outro: \_\_\_\_\_.
- 3) Porte conforme impacto ambiental:
- AU - área útil<sup>4</sup> (ha): \_\_\_\_\_.
- AE - área edificada (m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_.
- 4) Porte conforme a receita bruta:
- ( ) Microempresa
  - ( ) Pequena empresa
  - ( ) Média empresa
  - ( ) Grande empresa
- 5) Tempo de atuação da empresa no mercado: \_\_\_\_\_ ano (s)
- 6) Cargo e setor do entrevistado: \_\_\_\_\_.

---

<sup>4</sup> Área total usada pelo empreendimento, incluindo-se a área construída e a não construída, porém com utilização (por exemplo: estocagem, depósito, energia, etc).

## Seção II – Simbiose e Ecossistema industrial

- 1) Dos resíduos listados na tabela abaixo, informe a quantidade produzida pela empresa e quanto é destinado para outras empresas da região de Lages ou para fora da região de Lages.

Resíduo	Quantidade mensal (considerar a média mensal)			Destino (Nome das empresas para onde é vendido/destinado)
	<b>Quantidade gerada</b> pela empresa (t/mês; m <sup>3</sup> ou L/mês)	Quantidade descartada <b>para</b> <b>outra empresa do</b> <b>ESI</b> (t/mês; m <sup>3</sup> ou L/mês)	Quantidade descartada <b>para</b> <b>fora</b> do ESI (t/mês; m <sup>3</sup> ou L/mês)	
Biomassa RESIDUAL <sup>5</sup>				
Licor Preto				
Papel/papelão				
Cinzas da caldeira				
Outro:				
Outro:				

- 2) Com relação a alguns critérios de gestão ambiental adotados em sua empresa, assinale uma avaliação referente à cada critério dos resíduos circulantes, UTILIZANDO OS CRITÉRIOS ABAIXO.

Observação: Considere os resíduos circulantes, ou seja, aqueles que ficam no parque e destinados para empresas da região de Lages; ou que sem do parque, ou seja, vão para empresas fora da região de Lages:

Resíduo	Legislação	Classe do resíduo	Uso do resíduo	Destinação do resíduo	Problema/ riscos
Biomassa residual					
Licor Preto					
Papel/papelão					
Cinzas da caldeira					
Outro:					
Outro:					

<sup>5</sup> Biomassa RESIDUAL: Maravalha/cepilho, lenha (qualquer madeira, mais ou menos fragmentada, utilizada como combustível), serragem, casca, cavaco, lâmina, retalho de lâminas, rolo resto, refile, destopo, costaneiras.

Critério	Avaliação
Legislação	1. <b>Boas práticas:</b> são os requisitos estabelecidos pela organização por iniciativa própria, adotando ou não critérios estabelecidos em <u>NBR's</u>
	3. <b>Requisito geral:</b> requisito legal a nível federal, estadual ou municipal, sendo diplomas legais que não estabelecem requisitos que indiquem "o que deve ser feito"
	5. <b>Requisito legal específico:</b> se enquadram em: nível federal, estadual ou municipal, sendo específicos ("o que deve ser feito"); de norma técnica referenciada por algum diploma específico; ou outros requisitos subscritos em Licenças Ambientais/do Exército/da Política Federal, Termos de Ajustamento de Conduta, Programas de auto monitoramento e/ou solicitações formais do órgão competente
Classe de resíduos	1. <b>Não perigosos – inertes:</b> quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10.007 e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou <u>desionizada</u> (conforme NBR 10.006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspectos, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo X da NBR 10.004
	3. <b>Não perigosos – não inertes:</b> podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade, solubilidade em água ou não se enquadram nas classificações de resíduos classe I (perigosos) ou classe II (inertes)
	5. <b>Perigosos:</b> aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, oferecem risco à saúde pública e ao meio ambiente, ou uma das características: <u>inflamabilidade</u> , <u>corrosividade</u> , reatividade, toxicidade e patogenicidade, ou constem nos anexos A ou B da NBR 10.004
Uso de resíduos	1. <b>Existe tratamento</b> do resíduo na empresa <b>doadora e receptora</b>
	3. <b>Existe tratamento</b> na empresa <b>receptora</b> do resíduo
	5. <b>Não é necessário tratamento</b> em nenhuma das empresas
Destinação dos resíduos	1. Para outro parque industrial <b>com pré-tratamento</b>
	3. Para outro parque industrial <b>sem pré-tratamento</b>
	5. <b>Aterro industrial</b> (Classes I e II)
Problemas/riscos	1. <b>Inexistente:</b> quando não houver evidências, registros ou relatos de problemas ou riscos operacionais associados às práticas/procedimentos adotados no gerenciamento do resíduo em análise
	3. <b>Eventuais/isolados:</b> quando houver acidências, registros ou relatos isolados de problemas ou riscos operacionais associados às práticas/procedimentos adotados no gerenciamento do resíduo em análise
	5. <b>Frequentes:</b> quando houver evidências, registros ou relatos frequentes de problemas ou riscos operacionais associados às práticas/procedimentos adotados no gerenciamento do resíduo em análise

3) Na matriz de comparação abaixo, assinale com o grau de importância de 1 a 9. Ex.: se o(a) Sr(a) acredita que a legislação é fortemente mais importante que a classe do resíduo, considere grau 5.

Crítérios	Crítério 1 Legislação	Crítério 2 Classe do resíduo	Crítério 3 Uso/destinação do resíduo no parque	Crítério 4 Problemas/riscos
Crítério 1 Legislação	1			
Crítério 2 Classe do resíduo	x	1		
Crítério 3 Uso/destinação do resíduo no parque	x	x	1	
Crítério 4 Problemas/riscos	x	x	x	1

Considere os seguintes graus de importância para preencher a tabela acima:

1 – Igual importância: as duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.

2 – Entre igual e moderada

**3 – Moderada: a experiência e o julgamento favorecem ligeiramente uma atividade sobre a outra**

4 – Entre moderada e forte

**5 – Forte: A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro**

6 – Entre forte e muito forte

**7 – Muito forte ou importância demonstrada: O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática**

8 – Entre forte e extrema

**9 – Extrema: O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível ao seu favor.**

4) De onde vem as ideias de inovações de produtos e processos para a melhor reutilização dos subprodutos e resíduos?

- Dentro da empresa (via atividades de pesquisa e desenvolvimento)
- Dentro da empresa (via outros setores que não são de pesquisa e desenvolvimento)
- Fora da empresa (via outras firmas)
- Arranjos integrados de pesquisa (como por exemplo centros de pesquisa, universidade em que a empresa faz parte)
- Outra: \_\_\_\_\_.

5) Qual(is) a(s) prática(s) de produção sustentável a firma utiliza?

- Ecoeficiência (produz mais, com menores recursos e menores resíduos)
- Redução de Gases de Efeito Estufa
- Realiza gestão dos resíduos na empresa
- Minimiza o desperdício de recursos
- Geração e comercialização de créditos de carbono
- Certificações ambientais. Se sim, qual?
- Análises e design do ciclo de vida do produto
- Outra: \_\_\_\_\_.

6) Quais são as principais atividades de cooperação com outras empresas que vossa empresa está desenvolvendo? \_\_\_\_\_.

7) Quais fatores abaixo representam um incentivo para a realização de cooperação entre empresas ou setores de base florestal na região?

- Incentivo governamental
- Legislação específica
- Gestão interna
- Clima organizacional favorável
- Certificações ou prêmios
- Adequação ao mercado
- Inovação tecnológica
- Demanda de outras empresas



- ( ) Iniciativas privadas provenientes das Federações da Indústria (por exemplo, Programa Brasileiro de Simbiose Industrial)
- ( ) Outra: \_\_\_\_\_.

8) Que fatores abaixo impedem ou limitam a existência de cooperação entre sua empresa e outras empresas ou setores?

- ( ) Ausência de tecnologia
- ( ) Desconhecimento do mercado
- ( ) Logística deficiente
- ( ) Poucos recursos para investimento
- ( ) Falta de pesquisa na área de simbiose
- ( ) Falta de incentivo por parte da legislação
- ( ) Outra: \_\_\_\_\_.

9) Que importância tem a comunicação e a troca de informações para o “..mencionar o item abaixo..” em sua empresa?

Escala de importância:

Pouca Importância	Baixa Importância	Média Importância	Alta Importância	Muito Alta Importância
1	2	3	4	5

Opções:

- ( ) Manejo, troca e aproveitamento de subprodutos e resíduos
- ( ) Redução de emissão de gases
- ( ) Redução de perdas de recursos
- ( ) Comercialização de produtos
- ( ) Aquisição de insumos
- ( ) Máquinas e equipamentos em geral

10) Considerando os resíduos e subprodutos gerados em sua empresa que ainda não são aproveitados (na própria empresa ou fora dela), o Sr(a) acredita que existem outras empresas próximas que poderiam reaproveitá-los?

- ( ) Sim. Quais empresas? \_\_\_\_\_.
- ( ) Não. Qual o motivo? \_\_\_\_\_.

11) Com relação aos benefícios referentes à Simbiose Industrial, assinale se o senhor observou um pouco, muito ou não observou cada benefício listado.

<b>Indicador</b>	<b>Não</b>	<b>Um pouco</b>	<b>Muito</b>
Conservação de recursos (madeira, água, etc.)	( )	( )	( )
Segurança de recursos (garantia de fornecimento)	( )	( )	( )
Diminuição da contaminação da água	( )	( )	( )
Diminuição da emissão de particulados	( )	( )	( )
Diminuição do impacto de ruído	( )	( )	( )
Aumento da produtividade da empresa	( )	( )	( )
Investimento em pesquisa e desenvolvimento	( )	( )	( )
Compartilhamento de infraestrutura e tecnologia	( )	( )	( )
Compartilhamento de recursos humanos	( )	( )	( )
Troca de informação entre companhias	( )	( )	( )
Percepção ambiental da comunidade	( )	( )	( )
Comunicação sobre o projeto na comunidade	( )	( )	( )
Realização de projetos ambientais com a comunidade	( )	( )	( )
Oportunidades de emprego	( )	( )	( )
Maior relacionamento entre comunidade e indústria	( )	( )	( )
Nível de entendimento sobre projeto de Simbiose Industrial entre a comunidade	( )	( )	( )
Oportunidades de relações públicas	( )	( )	( )
Novas oportunidades de negócios	( )	( )	( )
Melhoria de infraestrutura para indústrias	( )	( )	( )
Diminuição de custos de mão de obra	( )	( )	( )
Diminuição de custos de equipamentos	( )	( )	( )
Diminuição de custos de matéria-prima	( )	( )	( )
Diminuição de custos com legalização (aspectos legais)	( )	( )	( )
Diminuição de custos de passivos futuros	( )	( )	( )

12) Quais foram as inovações ambientais implantadas pela empresa decorrentes das ações de cooperação? \_\_\_\_\_.

13) Na sua opinião, existe alguma empresa que exerce o papel central ou de liderança na região para a promoção das trocas de produtos e subprodutos?

( ) Sim. Qual? \_\_\_\_\_.

( ) Não

14) A empresa pensou/planejou sua instalação na região devido a oportunidade de cooperação e trocas? Como por exemplo, planejamento de processos que maximize a conservação ambiental e minimize as perdas ou produção de bens e serviços ecologicamente corretos, passíveis de disposição e reciclagem. \_\_\_\_\_.

15) Se existe a possibilidade de aproveitar os subprodutos provenientes do processo produtivo, pode-se dizer que:

( ) São poucas firmas que podem reaproveitá-los

( ) São muitas firmas que podem reaproveitá-los

( ) São geograficamente próximas da empresa

( ) São geograficamente distantes da empresa

- Pertencem à indústria de base florestal
- Não pertencem à indústria de base florestal

16) Na sua opinião, o Sr(a) acredita que existe espaço para a entrada de novas empresas que desejam participar da rede industrial de base florestal?

- Sim. Qual? \_\_\_\_\_.
- Não

17) A empresa colabora para o desenvolvimento local por meio de ações como programas de educação comunitária, atividades de lazer, melhorias de espaços físicos, etc.?

- Sim       Não
- Se sim, qual? \_\_\_\_\_.

18) Qual é a quantidade aproximada de empregos gerados?

- Nº atual de empregados: \_\_\_\_\_.
- Nº de empregos gerados nos últimos 2 anos? \_\_\_\_\_.
- Nº de empregos cortados ou desligados nos últimos 2 anos? \_\_\_\_\_.

19) Assinale a disponibilidade de mão de obra qualificada no âmbito da sua empresa.

- Pouca disponibilidade de mão de obra qualificada
- Baixa disponibilidade de mão de obra qualificada
- Média disponibilidade de mão de obra qualificada
- Alta disponibilidade de mão de obra qualificada
- Muito alta disponibilidade de mão de obra qualificada